



ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΚΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗΣ
ΑΜ 568

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ
ΒΕΝΙΕΡΗΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ – ΕΠΙΛΟΓΕΑ
ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΘΕΣΕΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΚΙΘΑΡΑΣ



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που συμμετείχαν με κάθε τρόπο στην αποπεράτωσή της. Πρώτα απ' όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Εμμανουήλ Βενιέρη που μου παρείχε τα εφόδια για την ενασχόλησή μου με το συγκεκριμένο θέμα. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον κ. Ιωάννη Κουβαράκη για τις συμβουλές που μου έδινε σε όλο το διάστημα που διήρκεσε η σύνταξη της εργασίας. Θα ήθελα να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην Ελένη Παύλου για την παραχώρηση της ηλεκτρικής κιθάρας. Η βοήθειά τους υπήρξε καθοριστική για την διεξαγωγή της εργασίας.

Τέλος ευχαριστώ την οικογένειά μου και την Καλλιόπη Παναγιωτίδου για την ηθική και οικονομική συμπαράσταση και για τις όμορφες και δύσκολες στιγμές που μοιράστηκαν μαζί μου κατά τη συγγραφή της εργασίας.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

Στην παρούσα εργασία θα κατασκευαστεί και θα μελετηθεί ηλεκτρονική διάταξη για ηλεκτρική κιθάρα όπου θα επηρεάζεται η λειτουργία των μαγνητών της κιθάρας δίνοντας μας την δυνατότητα για λειτουργία του κάθε μαγνήτη ξεχωριστά καθώς και τον έλεγχο αν ο μαγνήτης θα λειτουργεί σε σειρά ή παράλληλα καθώς και με αναστροφή φάσης ή χωρίς, αποσκοπώντας στην έξοδο περισσότερων ηχητικών αποτελεσμάτων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Μαγνήτες , Διακόπτες , Ηλεκτρική κιθάρα.

KEYWORDS: Guitar Pick-ups, Coils, Switch, Electric guitar.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Νικόλαος Κοντογιάννης

ΤΙΤΛΟΣ: Κατασκευή ηλεκτρονικού κυκλώματος – επιλογή πολλαπλών θέσεων μαγνητών ηλεκτρικής κιθάρας

Οκτώβριος 2012

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε η κατασκευή κυκλώματος επιλογέα θέσεων διακόπτων για μια ηλεκτρική κιθάρα Stratocaster με 3 μονοπηνιακούς μαγνήτες. Οι στόχοι της μελέτης ήταν :

1. Η κατασκευή κυκλώματος επιλογέα θέσεων διακόπτων και ο έλεγχος της σωστής λειτουργίας του, 2. Η προσομοίωση του κυκλώματος στο πρόγραμμα NI MULTISIM 10 για την παρατήρηση τυχόν αλλαγών ανάμεσα στις θέσεις των διακοπτών, 3. Η έξοδος περισσότερων ηχητικών αποτελεσμάτων διάμεσου της κατασκευής

Η ερευνά χωρίστηκε σε τρία τμήματα. Στο πρώτο μέρος έγινε αναφορά στην ιστορία και εξέλιξη της ηλεκτρικής κιθάρας μέχρι και σήμερα και τέθηκαν οι θεωρητικές βάσεις σχετικά με την λειτουργία της καθώς και των μερών που την απαρτίζουν. Στο δεύτερο μέρος περιγράφηκαν ο σκοπός, η μεθοδολογία και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του κυκλώματος στην ηλεκτρική κιθάρα. Στο τρίτο μέρος της εργασίας παρουσιάστηκε η ψηφιακή σχεδίαση του κυκλώματος στο NI MULTISIM 10 και δόθηκαν λεπτομέρειες σχετικά με την μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε και τον τρόπο λειτουργίας και σχεδίασης του κυκλώματος στο πρόγραμμα αυτό. Τα κυριότερα αποτελέσματα που προέκυψαν έδειξαν ότι η υλοποίηση μιας τέτοιας διάταξης σε ηλεκτρική κιθάρα ήταν οικονομική και το ηχητικό αποτέλεσμα ήταν αρκετά ικανοποιητικό, καθώς οι συνδυασμοί από τις επιλογές των διακόπτων παρείχαν περισσότερες θέσεις από τις αρχικές 5 που είχε η κιθάρα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασε η λειτουργία και των 3 μαγνητών σε σειρά με αναστροφή φάσης καθώς και η λειτουργία του κάθε μαγνήτη ξεχωριστά.

ABSTRACT

Nikolaos Kontogiannis

TITLE: Construction of an electronic circuit with multiple choices switches that affects guitar coils

October 2012

In the framework of the current thesis, the construction of a circuit that controls the switch positions of a Stratocaster electric guitar with 3 single coils was investigated. The main objectives were:

1. Building of the circuit and investigation of its proper operation.
2. Simulation of the circuit with the program NI MULTISIM 10 in order to detect the possible changes between the positions of the switches.
3. To produce audio signals from the guitar coils through the device.

The structure of the thesis consists of 3 parts. The first part includes a review of the history and evolution of the electric guitar up to the present. It further establishes the theoretical principles describing the function of the guitar and its' parts. The second part involves the main purpose of the study, including the materials and the methods adopted for the construction of the project applied in the electric guitar. The third part incorporated the simulation of the digital circuit in NI MULTISIM 10 software whereas further details and methodological issues in the construction and function of the circuit were discussed.

The main results of the research have revealed that the device was cost – effective whereas, the sound results were considered sufficient, given that the combination of the switches provided more than 5 positions, which were initially found at the factory model. Particular interest presented the function of the 3 coils working in line all together or separate and the function of the 3 coils working in line with phase inversion.

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1. Η ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΙΘΑΡΑ	9
1.1 Ιστορική αναδρομή ηλεκτρικής κιθάρας	9
1.2 Μέρη ηλεκτρικής κιθάρας	11
1.3 Μαγνήτες	13
1.3.1 Είδη μαγνητών ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους	13
1.3.2 Είδη μαγνητών ανάλογα τον τρόπο κατασκευής τους	14
1.4 Ηλεκτρονικά κιθάρας	18
1.5 Παλλόμενη χορδή – ταλαντώσεις.....	24
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΠΙΛΟΓΕΑ ΜΑΓΝΗΤΩΝ.....	25
2. Στόχος της εργασίας.....	25
2.1 Ηλεκτρικό κύκλωμα και υλικά για την κατασκευή του επιλογέα	26
2.2 Συνοπτική παρουσίαση κυκλώματος.....	27
2.3 Διαδικασία κατασκευής	28
3. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	33
3.1 Υλοποίηση κατασκευής στο Ni Multisim 10	33
3.2 Τρόπος λειτουργίας του κυκλώματος.....	34
3.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων θέσεων διακοπών.....	35
3.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κατασκευής.....	41
ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	43
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	45

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κιθάρα από τα παλιά χρόνια χρησιμοποιούνταν ως μέσο ψυχαγωγίας και χαλάρωσης. Ωστόσο, στο πέρασμα των αιώνων εξελίχθηκε και προσαρμόστηκε ανάλογα με τα μέσα και την τεχνολογία της εκάστοτε περιόδου. Με την ανακάλυψη του ηλεκτρισμού τη δεκαετία του 1930, η οποία οδήγησε σε επαναστατική τεχνολογική πρόοδο, τα εργαλεία που χρησιμοποιούνταν για τη κατασκευή της κιθάρας έγιναν πιο εύχρηστα, ενώ αναπτύχθηκαν τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της υγρασίας του ξύλου της κιθάρας και για τη διατήρησή της σε επιθυμητά επίπεδα. Η μείωση του χρόνου αλλά και του κόστους κατασκευής της έδωσε τη δυνατότητα στους τεχνίτες-κατασκευαστές να πειραματιστούν με διαφορετικά υλικά και διαφορετικής προέλευσης και ποιότητας ξύλα, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή χροιά ήχου σε κάθε διαφορετικό μοντέλο κιθάρας (Bonds 2003). Ακόμη, η ραγδαία εξέλιξη των μέσων μαζικής επικοινωνίας και πληροφόρησης είναι οι φορείς στους οποίους οφείλεται η εξέλιξη, η δημοσιότητα και η αναγνώριση που έχει λάβει η ηλεκτρική κιθάρα.

Η ηλεκτρική κιθάρα έχει λεπτό συμπαγές σκάφος, χωρίς αντηχείο, και διατάξεις σύλληψης τοποθετημένες κάτω από τις χορδές που είναι όλες μεταλλικές. Ο ήχος, διερχόμενος μέσα από ενισχυτές, μεταφέρεται σε μεγαφωνικές εγκαταστάσεις. Το σήμα που προέρχεται από την κιθάρα μπορεί να διαφοροποιηθεί ή να παραμορφωθεί με εφέ όπως το reverb και μέσω ποικιλίας διακοπών να επιλέγουμε την λειτουργία των μαγνητών ανάλογα με το προσδοκώμενο αποτέλεσμα. Η εξέλιξη των ενισχυτών ήχου καθώς και η ποικιλία μαγνητών που χρησιμοποιούνται για ηλεκτρικές κιθάρες έχει δώσει την ευχέρεια στους σύγχρονους κιθαρίστες να πειραματίζονται με νέους ήχους.

Στην παρούσα εργασία θα μελετηθεί η μορφοποίηση ενός κυκλώματος ηλεκτρικής κιθάρας Stratocaster με 3 μονούς μαγνήτες και το πώς μπορεί να διαμορφωθεί ο ήδη υπάρχων ήχος που πηγάζει από την κιθάρα. Το συγκεκριμένο στυλ κυκλώματος – διακοπών υπήρξε αρχική ιδέα του κιθαρίστα των Queen, Brian May ο οποίος κατασκεύασε την πρώτη του κιθάρα μόνος και στην συνέχεια πρόσθεσε πολλαπλούς διακόπτες (www.brianmayguitars.co.uk). Σήμερα υπάρχει

ολόκληρη βιομηχανία κατασκευής παρόμοιων κυκλωμάτων και αρκετές πατέντες πάνω στην αρχική αυτή ιδέα.

Η εργασία έχει διαχωριστεί σε κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο περιέχει πληροφορίες σχετικά με την ιστορία, τα λειτουργικά μέρη από τα οποία απαρτίζεται καθώς και τον τρόπο λειτουργίας μίας ηλεκτρικής κιθάρας. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση του κυκλώματος που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή επιλογέα διακοπών ώστε να μελετηθούν οι δυνατότητες παραγωγής καινούριων ήχων. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εργασίας, όπως προέκυψαν από την Ac ανάλυση του κυκλώματος που κατασκευάστηκε στο πρόγραμμα NI MULTISIM 10 καθώς και όλες οι πιθανές επιλογές μεταξύ της θέσης των διακοπών.

1. Η ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΚΙΘΑΡΑ

1.1 Ιστορική αναδρομή ηλεκτρικής κιθάρας

Ηλεκτρική αποκαλείται η κιθάρα που χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνήτες για να μετατρέψει τον ηχητικό παλμό των ασάλινων χορδών της σε ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο μπορεί έπειτα να ενισχυθεί από ένα σύστημα ενισχυτή-ηχείου. Το σήμα που προέρχεται από την κιθάρα μπορεί κάποιες φορές να διαφοροποιηθεί με εφέ όπως το reverb ή να παραμορφωθεί. Ενώ οι περισσότεροι τύποι ηλεκτρικής κιθάρας φέρουν έξι χορδές, απαντώνται και επτάχορδες οι οποίες χρησιμοποιούνται από κάποιους μουσικούς της τζαζ και της μέταλ μουσικής, ειδικά του είδους νιου μεταλ (Nu Metal), καθώς και δωδεκάχορδες με έξι ζεύγη χορδών οι οποίες απέχουν διάστημα μιας οκτάβας τις οποίες συναντάμε κυρίως σε μουσικά είδη όπως το jungle pop και το ροκ (el.wikipedia.org).

Η ηλεκτρική κιθάρα χρησιμοποιήθηκε αρχικά από big band μουσικούς της τζαζ ως ένα κούφιο όργανο, ηλεκτρικώς ενισχυμένο για μεγαλύτερη ένταση κατά την περίοδο της άνθησης του σουίνγκ. Η επιθυμία αυτή ήταν πιο έντονη την εποχή που άρχισαν να δημιουργούνται μεγάλες μπάντες διότι οι ακουστικές κιθάρες εκείνη την εποχή μετά βίας ακούγονταν ανάμεσα στα υπόλοιπα όργανα. Πριν από τις σύγχρονες ηλεκτρικές κιθάρες οι κατασκευαστές πειραματίστηκαν με την ενίσχυση του ήχου της ακουστικής κιθάρας χρησιμοποιώντας μικρόφωνα ή μαγνήτες βολφραμίου. Οι μαγνήτες βολφραμίου χρησιμοποιούνταν για να τροποποιήσουν τα προς ενίσχυση ακουστικά όργανα. Οι πρώτες ηλεκτρικές κιθάρες διέθεταν κούφιο σώμα, ασάλινες χορδές και ηλεκτρομαγνήτες με σπείρες από βολφράμιο που κατασκεύαζε η εταιρία Rickenbacker το 1931. Παρόλο που μερικές από τις πρώτες κατασκευάστηκαν από τον Les Paul, ο πρώτος επιτυχημένος εμπορικά τύπος ηλεκτρικής κιθάρας με κούφιο σώμα ήταν η Fender Esquire το 1950. Η ηλεκτρική κιθάρα ήταν ένα όργανο-κλειδί για την ανάπτυξη πολλών μουσικών ειδών που εμφανίστηκαν από τα τέλη του 1940 και μετά όπως το Σικάγο Μπλουζ, το πρώιμο Ροκ εντ Ρολ και το Ροκαμπίλι καθώς και το Μπλουζ Ροκ του 1960. Έχει επίσης χρησιμοποιηθεί σε διάφορα άλλα είδη μουσικής όπως η κάντρι, η Άμπιεντ, η Νιού Έιτζ, καθώς και σε κάποια είδη σύγχρονης ορχηστρικής μουσικής (Ingram 2001).

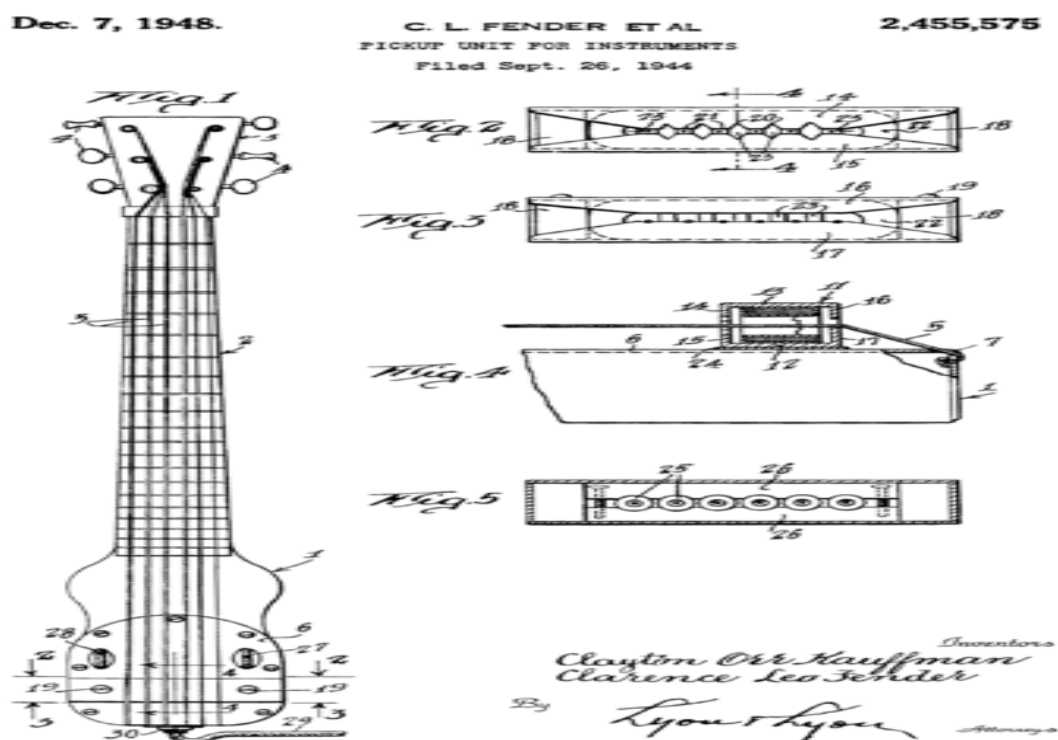
Η ηλεκτρική κιθάρα είναι το αποτέλεσμα της επιθυμίας που είχαν οι κιθαρίστες να ακουστούν πιο δυνατά και με περισσότερο όγκο. Το 1946 ο κατασκευαστής ενισχυτών μουσικών οργάνων και τεχνικός ραδιοφώνου Clarence Leonidas Fender, γνωστότερος ως Leo Fender— κατασκεύασε μέσω της ομώνυμης εταιρίας την πρώτη επιτυχημένη εμπορικά συμπαγή ηλεκτρική κιθάρα με μονό ηλεκτρομαγνήτη η οποία αρχικά ονομάστηκε Fender Esquire. Ήταν το πρώτο ουσιαστικό κατασκευαστικό πέρασμα από την τυπική κιθάρα που χρησιμοποιείται στη τζαζ προς το όργανο που θα έβρισκε απήχηση από τους μουσικούς της κάντρι της δυτικής Καλιφόρνια. Η εκδοχή της Esquire με δυο μαγνήτες ονομάστηκε αρχικά Broadcaster, όνομα το οποίο άλλαξε σε Fender Telecaster έπειτα από γεγονός συνωνυμίας/ομοηχίας με το σετ ντραμς Broadkaster (Bacon 2005).

Στα χαρακτηριστικά της Telecaster περιλαμβάνονταν: Σώμα από φλαμουριά που ενωνόταν με 4 μπουλόνια και ατσάλινο δίσκο με ένα μάνικο από σφένδαμο 25½ ιντσών, 21 ή 22 τάστων, 2 εξαπολικούς μαγνήτες, έναν προς τη γέφυρα κι έναν προς το λαϊμό, ένα ρυθμιστικό τόνου και ένα έντασης, έναν διαθέσιμο επιλογέα μαγνήτη και μια έξοδο για ηλεκτρικό καλώδιο στο πλάι του οργάνου. Ένα μαύρο κομμάτι από βακελίτη πάνω στο σώμα έκρυβε το ηλεκτρικό σύστημα του οργάνου. Το βιδωτό μάνικο οφειλόταν στην πεποίθηση του Leo Fender ότι ο γενικότερος σχεδιασμός του οργάνου θα όφειλε να ευνοεί την άμεση και οικονομική αντικατάστασή/επισκευή των επιμέρους κομματιών του. Λόγω της εμπορικής απήχησης της Telecaster εμφανίστηκαν σύντομα κάποια όργανα φέροντα το λογότυπο της εταιρίας αλλά χωρίς αναγνωριστικό μοντέλου, τα οποία αποκαλούνται από τους συλλέκτες σαν Nocasters. Το 1954 η Fender δημιούργησε την Stratocaster η οποία έγινε πολύ δημοφιλής στους μουσικούς όπως : Eric Clapton, Jimi Hendrix, Eric Johnson, Stevie Ray Vaughn (Brosnac 1987).

Τέλη της δεκαετίας του 1930 ο Les Paul πήρε ένα κομμάτι συμπαγές ξύλο 14x4 και το προσκόλλησε στο τέλος του λαϊμού της κιθάρας. Μετά προσάρμοσε δύο μαγνήτες και μια γέφυρα στο κυρίως σώμα της κιθάρας σε μια προσπάθεια να αποδείξει ότι ένα συμπαγές σώμα κιθάρας έχει καλύτερο ηχητικό αποτέλεσμα από τις ηλεκτρικές κιθάρες εκείνης της εποχής. Το 1940 πήρε την δημιουργία του και πήγε στην Eriphone και την Gibson για να επιδείξει της δυνατότητες του συμπαγούς σώματος της ηλεκτρικής του κιθάρας, ελπίζοντας ότι κάποιος θα

προσφερθεί να κατασκευάσει το όργανο. Όμως δεν έγινε έτσι. Τότε, αποφάσισε να δώσει μια πιο καθαριστική μορφή στην κατασκευή του κατασκευάζοντάς την μέσα σε ένα σώμα από κιθάρα Eriphone. Έτσι ο Les Paul ανακάλυψε την ηλεκτρική κιθάρα σε συμπαγές σώμα όπως είναι και σήμερα (Ingram 2001).

Στα χρόνια που ακολούθησαν και με τη βοήθεια της τεχνολογίας κατασκευάστηκαν διάφορα μοντέλα ηλεκτρικής κιθάρας. Το 2007 η Gibson παρουσίασε την 1^η κιθάρα ρομπότ. Η κιθάρα αυτή διαθέτει ρομποτικά μηχανήματα που συνδέονται με της χορδές και μπορεί να κουρδιστεί στην επιθυμητή ρύθμιση μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα.

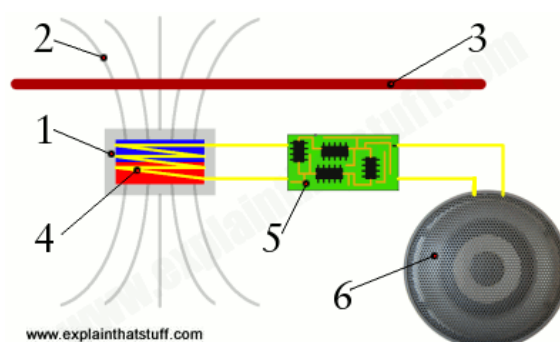


Εικόνα 1. Σχέδιο της κιθάρας lap-steel της Fender από την αίτηση πατέντας του 1944. (Πηγή http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%BA%CE%B9%CE%B8%CE%AC%CF%81%CE%B1)

1.2 Μέρη ηλεκτρικής κιθάρας

Μια συνηθισμένη ακουστική κιθάρα παράγει ήχο εξ-ολοκλήρου μέσα από την δόνηση. Όταν πάλλεται η χορδή κινείται μπρος – πίσω μετακινώντας τον αέρα που την περιβάλλει. Κύματα ηχητικής ενέργειας κινούνται μέσα στο σώμα της

κιθάρας δημιουργώντας αντηχήσεις οι οποίες ενισχύουν τον ήχο της κιθάρας. Αν παρατηρήσουμε μια ηλεκτρική κιθάρα θα δούμε ότι αποτελείται από ένα συμπαγές σώμα φτιαγμένο από ξύλο και σπανιότερα από πλαστικό. Ο ήχος στην ηλεκτρική κιθάρα δημιουργείται τελείως διαφορετικά απ' ότι στην ακουστική. Στην ηλεκτρική κιθάρα οι μαγνήτες μετατρέπουν τον παλμό της χορδής σε ασθενές ηλεκτρικό σήμα. Το ηλεκτρικό σήμα ενισχύεται και παράγεται ο ήχος (www.explainthatstuff.com/electricguitars.html). Ας μελετήσουμε αναλυτικότερα πως παράγεται ο ήχος σε μια ηλεκτρική κιθάρα.



Εικόνα 2. Λειτουργία μαγνήτη σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα εξαρτήματα της κιθάρας. (Πηγή www.explainthatstuff.com)

1. Η ράβδος του μαγνήτη που δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο τριγύρω της.
2. Το μαγνητικό πεδίο. Εκτείνεται αόρατα μέσα από τις χορδές της κιθάρας.
3. Χορδή κιθάρας. Πάλλεται άμα δονηθεί. Καθώς είναι φτιαγμένη από μέταλλο στην ουσία είναι ένας αγωγός που κινείται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο. Έτσι επάγεται μια μικρή τάση καθώς πάλλεται. Το επαγόμενο ρεύμα δημιουργεί το δικό του μαγνητικό πεδίο γύρω από την χορδή.
4. Πηνίο από λεπτό σύρμα (κίτρινο) το οποίο ανιχνεύει το μαγνητικό πεδίο και παράγει μια μικρή τάση.
5. Ενισχυτής. Ενισχύει την τάση που παράγεται από το πηνίο ώστε να μπορεί να οδηγηθεί το σήμα σε μεγάφωνο.
6. Μεγάφωνο. Μετατρέπει το ηλεκτρικό ρεύμα σε ήχο.

1.3 Μαγνήτες

Οι μαγνήτες που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρικές κιθάρες είναι ένα σύστημα μαγνητών (πόλων) περιελιγμένων με καλώδιο χαλκού (πηνίο) με σκοπό την δημιουργία ενός ηλεκτρομαγνήτη που έχει την ιδιότητα να μετατρέπει τις διαταραχές που προκαλεί η κίνηση μιας ασάλινης χορδής στο μαγνητικό του πεδίο σε εναλλασσόμενο ρεύμα.

Οι πόλοι ενός μαγνήτη μπορεί να είναι μονοί, διπλοί, τύπου ράγας ή ακόμη και ρυθμιζόμενοι ώστε να μπορούμε να επιτύχουμε μια πολύ καλή ισορροπία εντάσεων μεταξύ των χορδών. Μια ηλεκτρική κιθάρα μπορεί να έχει από ένα μέχρι τρεις μαγνήτες τοποθετημένους πάνω στο σκάφος της σε διαφορετικές θέσεις (Γέφυρα- Bridge, Μέση-Middle, Μπράτσο-Neck)(Cavendish 2003).

Ο ήχος ενός μαγνήτη καθορίζεται από τους εξής παράγοντες (www.noiz.gr):

2. Το υλικό και το πάχος των μαγνητικών πόλων του (Alnico I, Alnico II, Alnico V, Ceramic, SCN κλπ)
3. Το είδος, το πάχος, και την ποσότητα του χαλκού περιέλιξης στο πηνίο του (καθαρότητα χαλκού διατομή και στροφές περιέλιξης)
4. Το εξωτερικό περίβλημα του μαγνήτη (πλαστικό, επιχρωμιωμένος ή επιχρυσωμένος χαλκός, αλουμίνιο, ξύλο κλπ) Πιο σκληρά μέταλλα δίνουν πιο πρίμο ήχο και διευρύνουν το πεδίο του μαγνήτη, πιο μαλακά μέταλλα, δίνουν πιο μπάσο και γλυκό ήχο.

Επίσης ο τελικός ήχος από ένα μαγνήτη καθορίζεται και από τα υπόλοιπα μέρη του κυκλώματος, όπως ποτενσιόμετρα, πυκνωτές, αντιστάσεις κλπ.

1.3.1 Είδη μαγνητών ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους

1. Ceramic Υψηλότερη ροή από τους Alnico V, χαμηλότερη όμως από Alnico I και SCN, έχει πιο σκληρό ήχο από τους προηγούμενους με αρκετό attack.
2. SCN Υψηλής ροής και σχεδόν διπλάσιου πεδίου σε σχέση με το μέγεθος του, μπορεί να κάνει έναν μονό μαγνήτη να ακούγεται σαν διπλός, και έχει vintage ήχο και καλή επιμήκυνση του ήχου.
3. Alnico I είναι πολύ κοντά στον SCN (ηχητικά), αλλά ο SCN είναι πιο ευαίσθητος, και αρκετά επιρρεπής στα χτυπήματα.

4. Alnico II Σε σχέση με SCN και Alnico I έχει χαμηλότερη ευαισθησία , αλλά έχει γρήγορη ροή, γλυκό άκουσμα και μεγάλη διάρκεια ήχου.
5. Alnico V Έχει μέτρια ροή και ήχο στρογγυλό με αρκετές χαμηλές συχνότητες .

1.3.2 Είδη μαγνητών ανάλογα τον τρόπο κατασκευής τους

A. Μονός μαγνήτης (Single Coil). Αποτελείται από ένα πηνίο και έχει ως χαρακτηριστικά τον καθαρό ήχο μέτριας εξόδου, αλλά με θόρυβο που προκαλείται συνήθως από την χαμηλή συνολική του αντίσταση σε συνδυασμό με εξωτερικούς παράγοντες όπως, ραδιοκύματα, θερμικές λάμπες και φθορισμού, οθόνες-τηλεοράσεις καθοδικού σωλήνα (CRT), ύπαρξη συνδεδεμένων συσκευών στην ίδια γραμμή παροχής του ενισχυτή όπως ψυγεία, μετασχηματιστές υψηλής τάσης, φωτιστικά κλπ.



Εικόνα 3. Μονός μαγνήτης. (Πηγή <http://www.noiz.gr/index.php?PHPSESSID=2d6ca3a8071d0de76c93ca2afb24ca55&topic=176142.0>)

B. Διπλοί μαγνήτες (Humbuckers). Μαγνήτες που αποτελούνται από δύο πηνία και ξεκίνησαν να φτιάχνονται στα μέσα της δεκαετίας του 50' από τον Seth Lover για την Gibson. Το σκεπτικό ήταν αρχικά η εξάλειψη του θορύβου που υπήρχε μέχρι τότε απ 'τους μονούς, αλλά αυτό τους οδήγησε στην κατασκευή μαγνητών μεγαλύτερης εξόδου, αφού τα δύο πηνία ήταν συνδεδεμένα σε σειρά, άρα είχαν και μεγαλύτερη συνολική αντίσταση. Επίσης λόγω μεγέθους το μαγνητικό πεδίο ήταν διπλάσιο των μονών. Χαρακτηριστικό στον ήχο τους είναι ο πιο παχύς ήχος, η μεγάλη έξοδος, η έλλειψη θορύβων και η μεγαλύτερη (σε σχέση με τους μονούς) ευαισθησία τους (sensitivity).



Εικόνα 4. Διπλοί μαγνήτες. (Πηγή <http://www.noiz.gr/index.php?PHPSESSID=2d6ca3a8071d0de76c93ca2afb24ca55&topic=176142.0>)

Γ. Διπλοί Σε Μέγεθος Μονών (Stack Humbuckers). Αυτοί οι μαγνήτες φτιάχτηκαν στα μέσα της δεκαετίας του 70', για να δώσουν λύση στις κιθάρες με μονούς μαγνήτες που είχαν θορύβους. Το αποτέλεσμα είναι ένας αθόρυβος μαγνήτης με ήχο πολύ κοντά στους μονούς αλλά με την ησυχία του διπλού. Αρχικά οι πρώτοι stacked humbuckers είχαν πρόβλημα στο σήμα εξόδου, κάτι που όμως δεν υπάρχει σήμερα, μιας και οι τεχνικές και τα υλικά κατασκευής έχουν εξελιχθεί κατά πολύ από τότε.



Εικόνα 5. Διπλοί μαγνήτες σε μέγεθος μονών. (Πηγή <http://www.noiz.gr/index.php?PHPSESSID=2d6ca3a8071d0de76c93ca2afb24ca55&topic=176142.0>)

Λόγω της διπλής καλωδίωσης των Διπλών (Humbucker) και των Διπλών σε μέγεθος μονού (Stack Humbucker), υπάρχουν επιπλέον συνδυασμοί σύνδεσης, όπως σε σειρά, παράλληλα, διαχωρισμός πηνίων (coil split) κλπ.

Δ. Ενεργοί Μαγνήτες (Active Pickups). Αρχικά ήρθαν και αυτοί ως εναλλακτική λύση των stacked humbuckers και του προβλήματος εξόδου που είχαν, στην δεκαετία του 70'. Η ιδέα ήταν παρόμοια, αλλά με την ενσωμάτωση ενός προενισχυτή μέσα στον μαγνήτη και η απαραίτητη χρήση μπαταρίας για την

τροφοδοσία έθεσαν νέα στάντα στην αγορά των μαγνητών. Χαρακτηριστικό στον ήχο τους είναι ο σχεδόν μηδενικός θόρυβος, η πολύ μεγάλη έξοδος και ευαισθησία τους.



Εικόνα 6. Ενεργοί μαγνήτες. (Πηγή <http://www.noiz.gr/index.php?PHPSESSID=2d6ca3a8071d0de76c93ca2afb24ca55&topic=176142.0>)

E. Lipstick (κραγιόν). Εμφανίστηκαν κάπου στα μέσα των 50's απ' την Danelectro. Η ονομασία τους έχει βάση, καθώς όντως συσκευάζονταν μέσα σε άδεια σωληνάρια από κραγιόν. Κατασκευαστικά διαφέρουν στο ότι το πηνίο είναι τυλιγμένο απευθείας πάνω στον μαγνήτη χωρίς μπομπίνα για το πηνίο και έπειτα το τύλιγαν με μία πλαστική ταινία πριν τον κλείσουν στο...κραγιόν. Ο ήχος τους είναι συνδεδεμένος με το Rockabilly και Surf εκείνης της εποχής, στακάτο, με έμφαση στα μεσαία και πρίμα, αλλά και με θόρυβο καθώς ήταν άλλη μία υλοποίηση μονού.



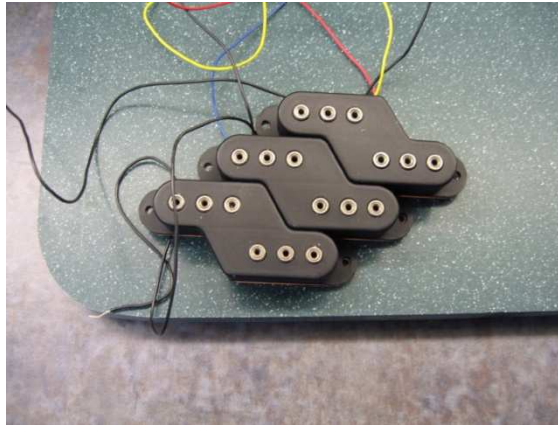
Εικόνα 7. Μαγνήτες Lipstick. (Πηγή: <http://www.noiz.gr/index.php?PHPSESSID=2d6ca3a8071d0de76c93ca2afb24ca55&topic=176142.0>)

ΣΤ. Soapbar. Στην ουσία, οι πρώτοι μονοί μαγνήτες που έχουν κατασκευαστεί μαζικά, κάπου στα μέσα με τέλη της δεκαετίας του '40 από την Vox και την Gibson. Κατασκευαστικά, το πηνίο είναι τυλιγμένο σε πιο ευρεία διάταξη (wide) για να καλύπτει μεγαλύτερη επιφάνεια το μαγνητικό πεδίο με τα κλασσικά polepieces να φαίνονται στην επιφάνεια του. Ηχητικά ένας ήχος πιο παχύς από ένα μονό, αλλά με το attack και...το θόρυβο του μονού. Αργότερα εμφανίστηκαν και υλοποιήσεις διπλών soapbar που εξάλειψαν το πρόβλημα των θορύβων, αλλά δίνοντας και ένα άλλο, πιο παχύ χαρακτήρα στον ήχο τους.



Εικόνα 8. Soapbar. (Πηγή: <http://www.noiz.gr/index.php?PHPSESSID=2d6ca3a8071d0de76c93ca2afb24ca55&topic=176142.0>)

Z. Z-Coil Pickups. Ήταν εφεύρεση του Leo Fender και του George Fullerton, που χρησιμοποίησαν για τις κιθάρες τους (G&L Guitars), η ιδέα ήταν ένα μεγάλο πηνίο (σχεδόν διπλού) με τα polepieces να είναι χωρισμένα σε δύο μέρη ανά τρεις χορδές. Αργότερα προστέθηκαν ρυθμιζόμενα polepiece και ονομάστηκαν MFD Z-Coil Pickups. Ήχος με αρκετές ιδιαιτερότητες ειδικά στα μπάσα και με πιο μαλακά μεσαία και πρίμα. Λόγω σχήματος (Z) και των ρυθμιζόμενων polepieces, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στη ρύθμιση για ένα σωστό ηχητικό αποτέλεσμα.

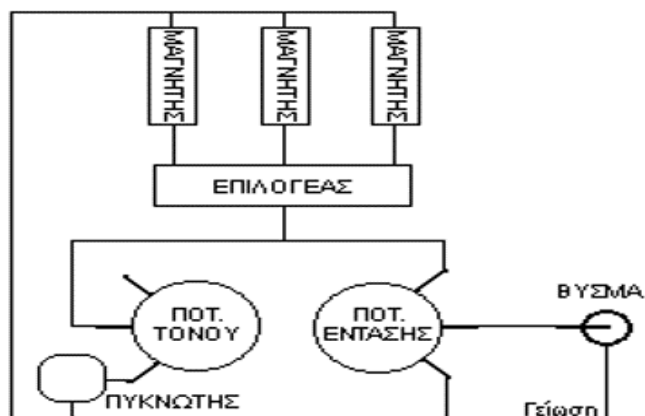


Εικόνα9.Z coil pickups. (Πηγή:
<http://www.noiz.gr/index.php?PHPSESSID=2d6ca3a8071d0de76c93ca2afb24ca55&topic=176142.0>)

1.4 Ηλεκτρονικά κιθάρας

Η συνδεσμολογία των ηλεκτρικών που απαρτίζουν μια ηλεκτρική κιθάρα βασίζεται σε ένα απλό κύκλωμα το οποίο αποτελείται από:

- Μαγνήτες. Ανάλογα με το είδος της κιθάρας υπάρχει και ο αντίστοιχος αριθμός μαγνητών. Στην Gibson Les Paul υπάρχουν δύο διπλοπηνιακοί μαγνήτες (humbuckers) ενώ στην Fender Stratocaster υπάρχουν τρεις μονοπηνιακοί μαγνήτες (single coil) . Οι μαγνήτες μετατρέπουν τον παλμό της χορδής σε ασθενές ηλεκτρικό σήμα.
- Ποτενσιόμετρο έντασης. Ρυθμίζει την ένταση του σήματος που θα φτάσει από τους μαγνήτες στην έξοδο.
- Ποτενσιόμετρο τόνου. Ρυθμίζει τις υψηλές συχνότητες που βγαίνουν στην έξοδο της κιθάρας (πρίμα). Με την αποκοπή των υψηλών συχνοτήτων θα έχουμε περισσότερες χαμηλές συχνότητες (μπάσα).
- Πυκνωτής. Λειτουργεί σαν φίλτρο. Βρίσκεται κολλημένος πάνω σε ένα ποτενσιόμετρο ρύθμισης τόνου και σε συνδυασμό με αυτό ο ρόλος του είναι η αποκοπή συχνοτήτων.
- Βύσμα. Ένα μονοφωνικό βύσμα ως έξοδος για τον ενισχυτή – D.I. , κτλ.
- Επιλογέας. Είναι ένας διακόπτης πολλαπλών θέσεων που ελέγχει την λειτουργία των μαγνητών της ηλεκτρικής κιθάρας.



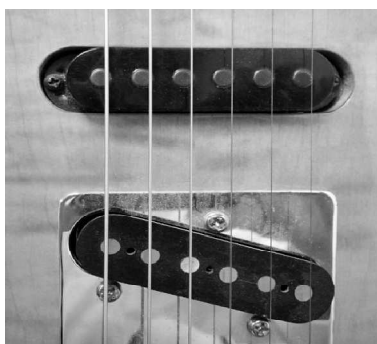
Εικόνα 10. Τυπικό κύκλωμα ηλεκτρικής κιθάρας (Πηγή: www.explainthatstuff.com).

Η ηλεκτρική κιθάρα δεν ήταν πρακτικό όργανο μέχρι που αναπτύχθηκαν αποτελεσματικοί τρόποι που αντιλαμβάνονταν την κίνηση μερών του οργάνου και να μετατρέπεται αυτή σε αναλογική τάση. Ένα από τα πειράματα του Les paul ήταν να φτιάξει μια βελόνα φωνογράφου στο πάνω μέρος μιας ακουστικής κιθάρας. Καθώς η βελόνα ήταν σχεδιασμένη να αυξάνει της δονήσεις που προκαλούνται από την πλευρική θέση των αυλακώσεων σε ένα δίσκο καθώς αυτός περιστρέφεται, ενίσχυε και τις δονήσεις από το καπάκι της κιθάρας. Ο πρώτος πρακτικός τύπος μαγνήτη που χρησιμοποιήθηκε σε συμπαγές σώμα ηλεκτρικής κιθάρας ήταν επαγωγικός ηλεκτρομαγνήτης. Αυτός ο απλός μηχανισμός ανιχνεύει της αλλαγές σε ένα μαγνητικό πεδίο που προκαλούνται από κινούμενες ατσάλινες χορδές. Οι επαγωγικοί μαγνήτες δεν είναι ο μοναδικός τύπος μαγνητών. Διαφορετικοί τύποι οργάνων απαιτούν διαφορετικά χαρακτηριστικά από τους μαγνήτες (French 2008).

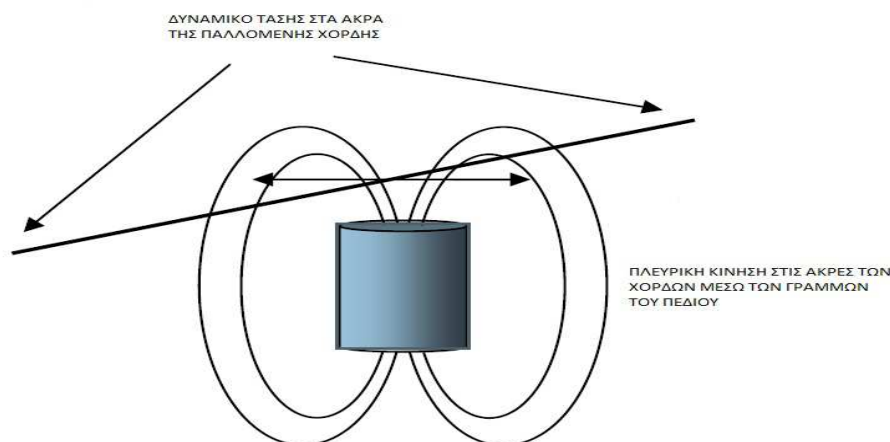
Οι επαγωγικοί ηλεκτρομαγνήτες είναι μια κομψή έκφραση των βασικότερων αρχών του ηλεκτρομαγνητισμού. Η βασική ιδέα είναι να στηθεί ένα μαγνητικό πεδίο και με την χρήση ενός πηνίου σύρματος να αντιλαμβάνονται οι δονήσεις στο πεδίο που δημιουργούνται από το τσίμπημα της χορδής. Ο Michael Faraday ανακάλυψε την σχέση ανάμεσα στον ηλεκτρισμό και τον μαγνητισμό και αργότερα εξελίχτηκε σε μαθηματική μορφή από τον James Clerk Maxwell. Ο Faraday ανακάλυψε ότι η μετακίνηση ενός μαγνήτη μέσα από ένα συρμάτινο πηνίο δημιουργεί επαγωγικό ρεύμα στο σύρμα. Επίσης παρατήρησε ότι συνέβαινε το ίδιο αν μετακινούσε το πηνίο και κρατούσε τον μαγνήτη σταθερό. Αυτό το φαινόμενο ονομάστηκε ο νομός του Faraday και αποτελεί μια από τις εξισώσεις του Maxwell. Οι ηλεκτρομαγνήτες χρησιμοποιούνται είτε σαν single coil ή σαν double coil

(humbuckers). Οι δυο διαφορετικές αυτές χρήσεις προσφέρουν διαφορετική απόκριση συχνότητας και διαφορετική ευαισθησία στον ηλεκτρομαγνητικό και στον ηλεκτροστατικό θόρυβο (ό.π.).

Η εικόνα 11 μας δείχνει πως έχουν τοποθετηθεί δυο μονοπηνιακοί μαγνήτες πάνω σε μια ηλεκτρική κιθάρα ενώ στην εικόνα 12 φαίνονται οι γραμμές του πεδίου ενός μαγνήτη ενώνουν τους αντιθέτους πόλους.



Εικόνα 11. Μονοπηνιακοί μαγνήτες. (Πηγή: French 2008)

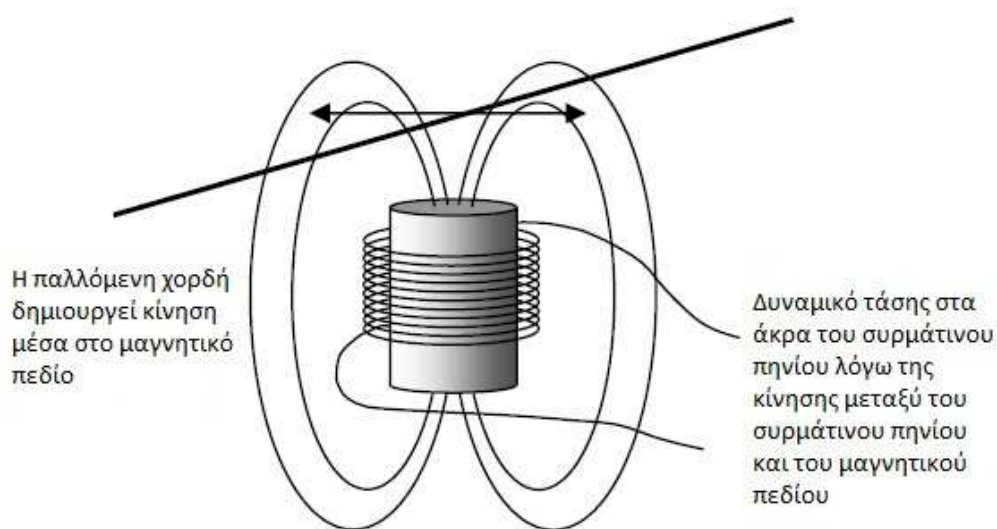


Εικόνα 12. Γραμμές μαγνητικού πεδίου. (Πηγή: French 2008)

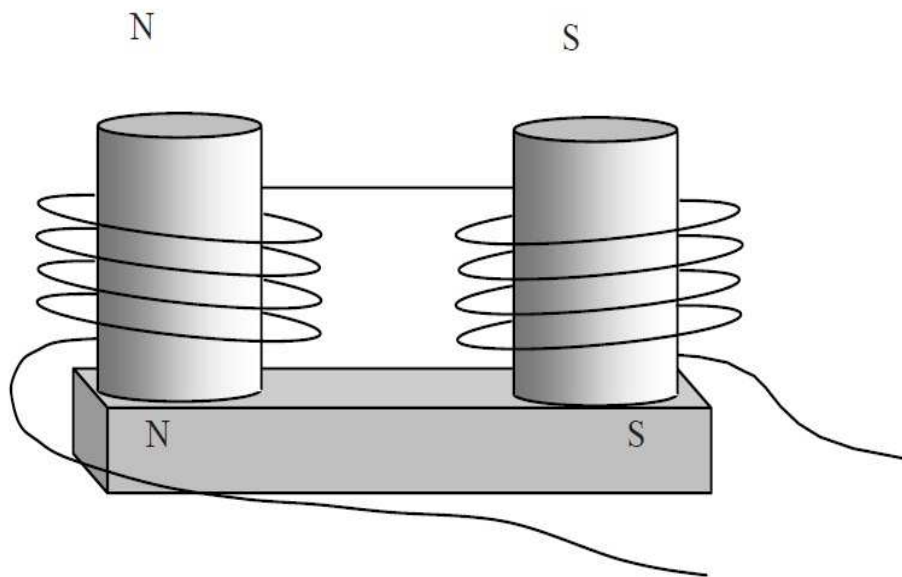
Θεωρητικά θα ήταν δυνατό να ενισχυθεί απλά το δυναμικό τάσης στα άκρα μιας παλλόμενης χορδής διαμέσου του μαγνητικού πεδίου αλλά δεν είναι πρακτικό. Η τάση που αναπτύσσεται είναι παράγωγο της εντάσεως του μαγνητικού πεδίου και ο αριθμός των σπειρών του χάλκινου σύρματος του μαγνήτη κινείται σε σχέση με το πεδίο.

$$e = N \frac{d\Phi}{dT}$$

Οπού e είναι η τάση (αντιπροσωπεύει την ηλεκτρεγερτική δύναμη, το σύμβολο αυτό χρησιμοποιούνταν πριν η μονάδα της ηλεκτρεγερτικής δύναμης ονομαστεί Volt προς τιμή του Αλεσάντρο Βόλτα), N είναι ο αριθμός των στροφών του πηνίου και Φ η μαγνητική ροή. Έτσι αν $N=1$ το σύρμα θα είναι σχετικά ανέπαφο σε αλλαγές στο μαγνητικό πεδίο. Για να αυξηθεί η ευαισθησία πρέπει είτε να αυξηθούν ο αριθμός των στροφών του σύρματος είτε να αυξηθεί η δύναμη του μαγνητικού πεδίου. Η λύση ήταν να κατασκευαστεί ένα πηνίο από λεπτό σύρμα γύρω από τον μαγνήτη τον ίδιο όπως φαίνετε στο σχήμα 13. Αυτό λειτουργεί διότι η παλλόμενη χορδή και το μαγνητικό πεδίο είναι συνδυασμένα και η παλλόμενη χορδή επίσης επηρεάζει το πεδίο κάνοντας το να ταλαντώνεται. Η εξίσωση απαιτεί να υπάρχει σχετική κίνηση μεταξύ του μαγνητικού πεδίου και του σύρματος του πηνίου – είτε το ένα είτε και τα δυο θα μπορούσαν να κινούνται. Είναι τυπικό για τους ηλεκτρομαγνητικούς μαγνήτες να έχουν αρκετούς μαγνήτες στο εσωτερικό τους μέσα σε ένα ενιαίο συρμάτινο πηνίο. Αρκετοί μαγνήτες όπως αυτός της εικόνας 11 έχουν βίδες συνδεδεμένες με τους μαγνήτες που δρουν ως επεκτάσεις του μαγνήτη. Μπορούν να ρυθμιστούν για να μεταβάλλουν την απόσταση από την χορδή και συνεπώς να επηρεάζουν τον ήχο.



Εικόνα 13. Συρμάτινο πηνίο τυλιγμένο γύρω από μια μπάρα χάλυβα καθώς και οι αλληλεπιδράσεις του μαγνητικού πεδίου σε συνδυασμό με την παλλόμενη χορδή. (Πηγή: French 2008)

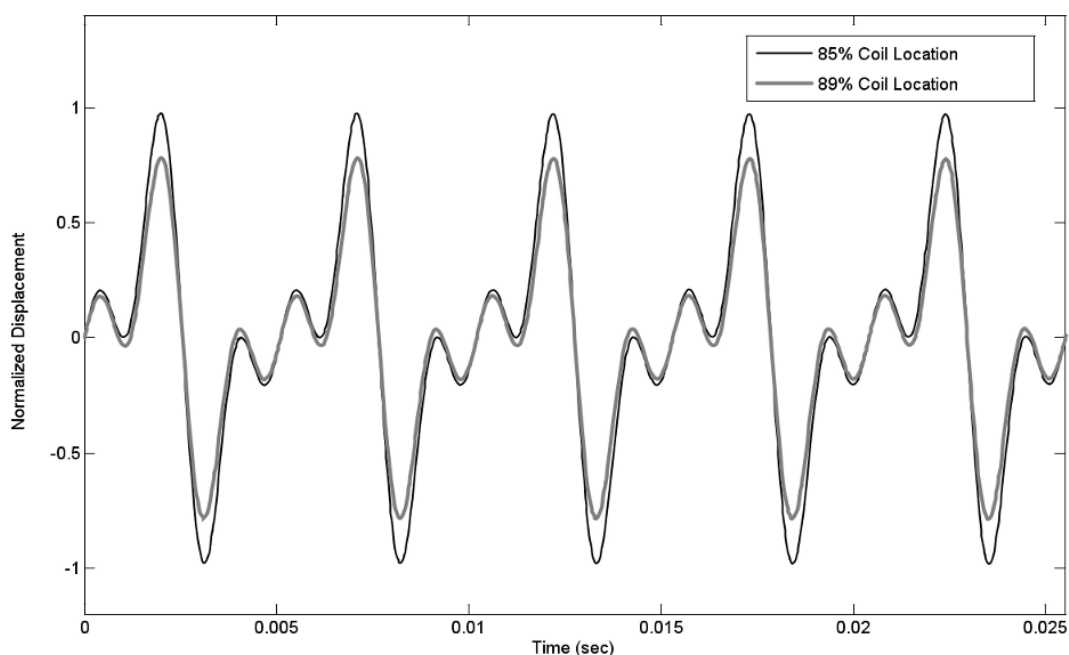


Εικόνα 14. Συρμάτινο πηνίο τυλιγμένο γύρω από μια μπάρα χάλυβα. (Πηγή: French 2008)

Οι πιο συνηθισμένες μορφές μαγνητών ηλεκτρικής κιθάρας είναι οι μονοπηνιακοί και οι διπλοπηνιακοί ή humbucker. Ένας humbucker τυπικά χρησιμοποιεί ένα μαγνήτη με πόλους χάλυβα ή μια μπάρα χάλυβα σε κάθε άκρο. Το συρμάτινο πηνίο τυλίγεται γύρω από ένα πόλο όπως φαίνεται από την εικόνα 14 . Είναι τυλιγμένο γύρω από τους μαγνήτες και λειτουργεί σαν κεραία και ανταποκρίνεται σε κάθε ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο του περιβάλλοντος χώρου. Η πιο κοινή πηγή τέτοιου θορύβου είναι ένα σήμα 60Hz από τα καλώδια που μεταφέρουν εναλλασσόμενο ρεύμα. Αυτό εκδηλώνεται σαν ένα χαμηλό βουητό στον ήχο που προέρχεται από τον ενισχυτή.

Η ιδέα πίσω από τους μαγνήτες humbucker ήταν τα δυο πηνία είναι σε σειρά το ένα με το άλλο αλλά τυλίγονται σε αντίθετες κατευθύνσεις. Και τα δυο πηνία διαισθάνονται τις ίδιες ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές αλλά το ένα πηνίο της αναλαμβάνει 180 μοίρες εκτός φάσης από το άλλο. Δεδομένου ότι οι μαγνητικοί πόλοι έχουν αντιστραφεί η απόκριση προς τις χορδές δεν επηρεάζεται από την αλλαγή κατεύθυνσης του πηνίου. Το αποτέλεσμα είναι να εξουδετερώνει τον θόρυβο ενώ διατηρεί το σήμα από την δόνηση της χορδής (Cavendish 2003). Ας υποθέσουμε ότι ένας μαγνήτης τοποθετείται 85% της απόστασης από τον καβαλάρη της ηλεκτρικής κιθάρας τότε η κίνηση της χορδής σε συνάρτηση με το χρόνο σε αυτή τη θέση δίνεται από την σχέση :

$y(t)=0.4540\sin(1232t)-0.4045\sin(2463t)+0.3292\sin(3694t)$. Ωστόσο ένας μαγνήτης Humbucker έχει 2 πηνία των οποίων το κέντρο είναι 19mm το ένα μακριά από το άλλο. Εάν το πρώτο πηνίο ήταν ευθυγραμμισμένο με το σημείο 85% το δεύτερο πηνίο θα ευθυγραμμιστεί με το σημείο 88%. Η θέση της χορδής σε συνδυασμό με τον χρόνο μας δίνετε από την σχέση : $y(t) = 0.3387 \sin(1232t) - 0.3187 \sin(2463t) + 0.2869\sin(3694t)$. Στην εικόνα 15 παρατηρούμε την κίνηση των χορδών σε συνάρτηση με το χρόνο.



Εικόνα 15. Κίνηση των χορδών με βάση την θέση των μαγνητών. (Πηγή: French 2008)

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει τον ήχο που παράγεται από τον μαγνήτη είναι η σύνθετη ηλεκτρομαγνητική του αντίσταση. Η σύνθετη αντίσταση είναι ανάλογη με την αντίσταση αλλά διαφέρει στο ότι εξαρτάται από την συχνότητα. Δυστυχώς δεν υπάρχει βολική μέτρηση για την σύνθετη αντίσταση όπως υπάρχει για την αντίσταση. Έτσι οι κατασκευαστές των μαγνητών γενικότερα δίνουν πληροφορίες γενικότερα για την σύνθετη αντίσταση. Ένας μονοπηνιακός μαγνήτης χρησιμοποιεί ένα λεπτό διαμέτρου σύρμα τυλιγμένο γύρω από ένα πηνίο (French 2008).

1.5 Παλλόμενη χορδή – ταλαντώσεις

Ελεύθερη ταλάντωση είναι η περιοδική κίνηση που παρατηρείται όταν το σύστημα μετατοπιστεί από τη θέση ισορροπίας του, ενώ όταν το σύστημα υφίσταται την επίδραση εξωτερικών δυνάμεων τότε η ταλάντωση είναι εξαναγκασμένη. Στην περίπτωση που η συχνότητα της δύναμης διέγερσης είναι ίση με τη φυσική συχνότητα του συστήματος, τότε δημιουργείται το φαινόμενο του συντονισμού. Το σύνολο σχεδόν των φυσικών συστημάτων παρουσιάζει περισσότερες από μία φυσικές συχνότητες ή αλλιώς ιδιοσυχνότητες όπως ονομάζονται (Σπυρίδης 1990).

Όταν δημιουργηθεί συντονισμός σε ένα μουσικό όργανο, τότε κυριαρχεί ένας τρόπος ταλάντωσής του, ενώ όταν αυτό δεν συντονίζεται υπάρχει ένας συνδυασμός των τρόπων με τους οποίους μπορεί να ταλαντωθεί. Κατά τη δημιουργία του συντονισμού παράγονται στάσιμα κύματα και το πλάτος της ταλάντωσης μπορεί να αυξηθεί θεωρητικά απεριόριστα, συγκρατείται όμως λόγω της απόσβεσης του συστήματος (Young 2005).

Η ταλάντωση μιας χορδής σε φυσικό περιβάλλον έχει απώλειες ενέργειας, κυρίως μέσω των δυνάμεων τριβής, κι έτσι το πλάτος της ταλάντωσης μειώνεται και, εν τέλει μηδενίζεται. Με την επίδραση τέτοιων δυνάμεων εξασθένησης η μηχανική ενέργεια του συστήματος ελαττώνεται με την πάροδο του χρόνου, οπότε η ταλάντωση φθίνει βαθμιαία και λέγεται φθίνουσα ή αλλιώς αποσβένουσα. Ο κάθε μαγνήτης της ηλεκτρικής κιθάρας λαμβάνει διαφορετικό σήμα από την ταλάντωση της χορδής και αυτό διότι η χορδή δεν ταλαντώνεται το ίδιο σε ολόκληρο το μήκος της. Καθώς η τιμή της δύναμης εξασθένησης πλησιάζει την τιμή της δύναμης επαναφοράς οι ταλαντώσεις φθίνουν γενικότερα, το σύστημα δεν ταλαντώνεται, αλλά απλώς επανέρχεται στην θέση ισορροπίας όπου και σταματά. Τότε λέμε ότι έχουμε κρίσιμη απόσβεση (Παπαδογιάννης Ν, Μπακαρέζος Ε. 2004).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΠΙΛΟΓΕΑ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

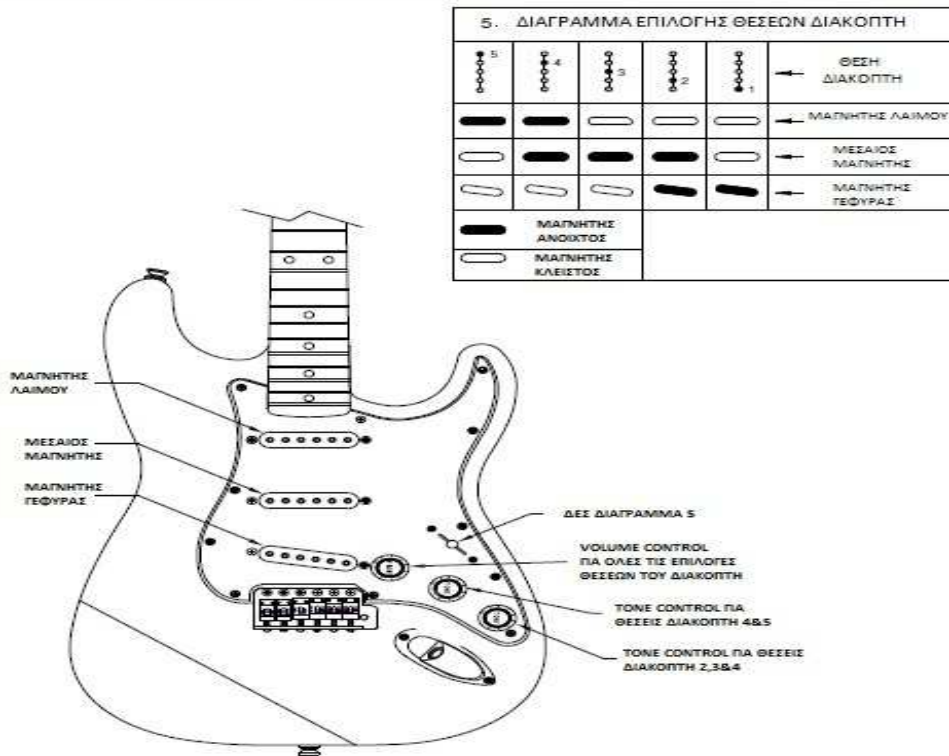
2. Στόχος της εργασίας

Η μετατροπή του διακόπτη που επηρεάζει τη λειτουργία των μαγνητών μιας ηλεκτρικής κιθάρας παρέχει τη δυνατότητα μεγαλύτερου ηχητικού εύρους γεγονός που δημιουργεί μεγάλο ενδιαφέρον από πλευράς των μουσικών καθώς διευρύνονται οι δυνατότητες χρήσης του οργάνου τους.

Ο στόχος της παρούσας εργασίας ήταν να μελετηθεί η ποικιλία των ήχων που μπορεί να προέλθουν από τη χρήση πέντε διακοπών αντί ενός που προϋπάρχει στο εργοστασιακό μοντέλο. Για την επίτευξη των σκοπών της εργασίας τροποποιήθηκε ηλεκτρονική διάταξη της ηλεκτρικής κιθάρας με την αντικατάσταση του μονού διακόπτη πέντε θέσεων με δύο διακόπτες τύπου Διπλού Πόλου – Διπλής Ενέργειας (DPDT) και τρεις διακόπτες τύπου Μονού Πόλου – Μονής Ενέργειας (SPST). Έπειτα έγινε προσομοίωση του κυκλώματος στο πρόγραμμα NI Multisim 10 ώστε να μελετηθούν οι δυνατότητες παραγωγής ηχητικού σήματος με τις νέες επιλογές των διακοπών.

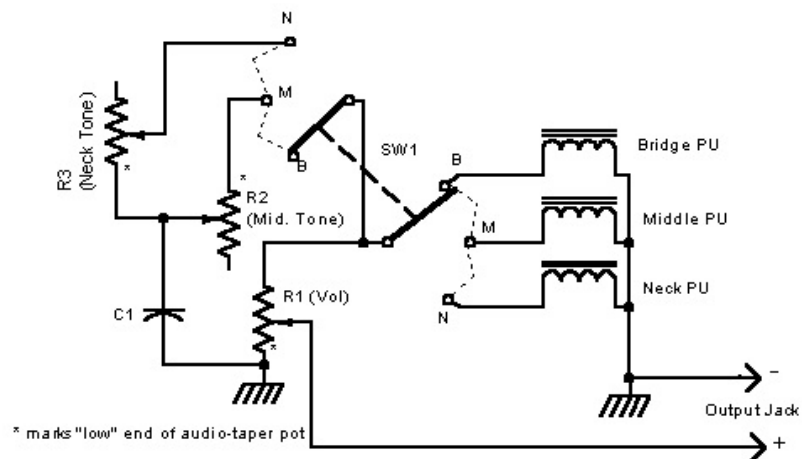
2.1 Ηλεκτρικό κύκλωμα και υλικά για την κατασκευή του επιλογέα

70'S STRATOCASTER 0137000/7002 ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ & ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΜΕΡΗ ΚΙΘΑΡΑΣ



Εικόνα 16. Manual ηλεκτρικής κιθάρας. (Πηγή <http://www.fender.com/en-GR/support/articles/fender-guitar-owners-manuals/>)

Για την συγκεκριμένη εργασία έχουμε στην διάθεση μας μια ηλεκτρική κιθάρα Fender Stratocaster by squire. Το manual της κιθάρας με τον αρχικής κατασκευής 5 θέσεων διακόπτη φαίνεται στην παραπάνω εικόνα.



Εικόνα 17. Ηλεκτρονικό σχέδιο της κιθάρας με τον παλιό διακόπτη 5 θέσεων. (Πηγή <http://www.guitarnuts.com/wiring/stockstrat.php>)

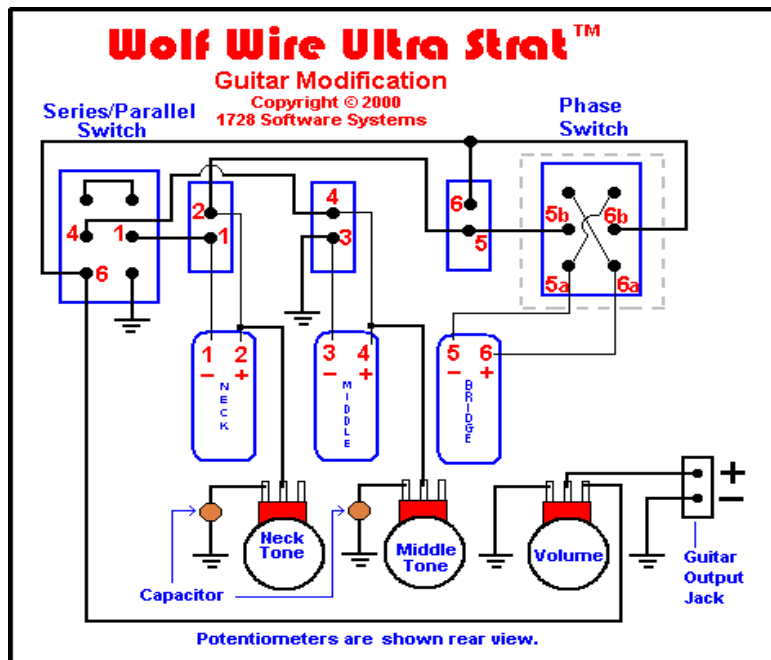
Για την παραγωγή μεγαλύτερης ποικιλίας ήχων πραγματοποιήθηκε αλλαγή του κεντρικού επιλογέα διακόπτη 5 θέσεων που ήδη προϋπήρχε με 5 διακόπτες. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του κυκλώματος είναι πέντε διακόπτες. Οι διακόπτες που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση της κατασκευής είναι 2 εξάπηνοι διπλού πόλου - διπλής ενέργειας 2 τρίπηνοι μόνου πόλου - μόνης ενέργειας και ένας δίπηνος μόνου πόλου - μόνης ενέργειας. Στην φωτογραφία 18 φαίνονται τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.



Εικόνα 18. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του κυκλώματος.(Πηγή : προσωπικό αρχείο)

2.2 Συνοπτική παρουσίαση κυκλώματος

Στο κύκλωμα παρατηρούμε από τα αριστερά τους διακόπτες στο πάνω μέρος του σχεδίου. Αρχικά ο εξάπηνος διπλού πόλου - διπλής ενέργειας (DPDT) και στην σειρά οι τρεις δίπηνοι μονού πόλου - μόνης ενέργειας (SPST) και στο τέλος ο 2^{ος} εξάπηνος διακόπτης του κυκλώματος. Στην μέση του διαγράμματος βλέπουμε τους τρεις μαγνήτες της κιθάρας (λαιμού - μεσαίος - γέφυρας). Τέλος στο κάτω μέρος του διαγράμματος από τα αριστερά βλέπουμε ένα πυκνωτή ο οποίος παίζει το ρόλο φίλτρου αποκόπτοντας ανεπιθύμητες συχνότητες , τα ρυθμιστικά ποτενσιόμετρα της κιθάρας (neck tone - middle tone - volume) και την έξοδο του σήματος διαμέσου ενός μονοφωνικού βύσματος. Οι δυο διακόπτες διπλού πόλου - διπλής ενεργείας ελέγχουν την φάση των μαγνητών και αν θα λειτουργούν σε σειρά ή παράλληλα. Το σχέδιο του κυκλώματος που χρησιμοποιήθηκε είναι το ακόλουθο.



Εικόνα 19. Κύκλωμα κατασκευής ηλεκτρονικής διάταξης ηλεκτρικής κιθάρας (Πηγή <http://www.1728.org/guitar2.htm>)

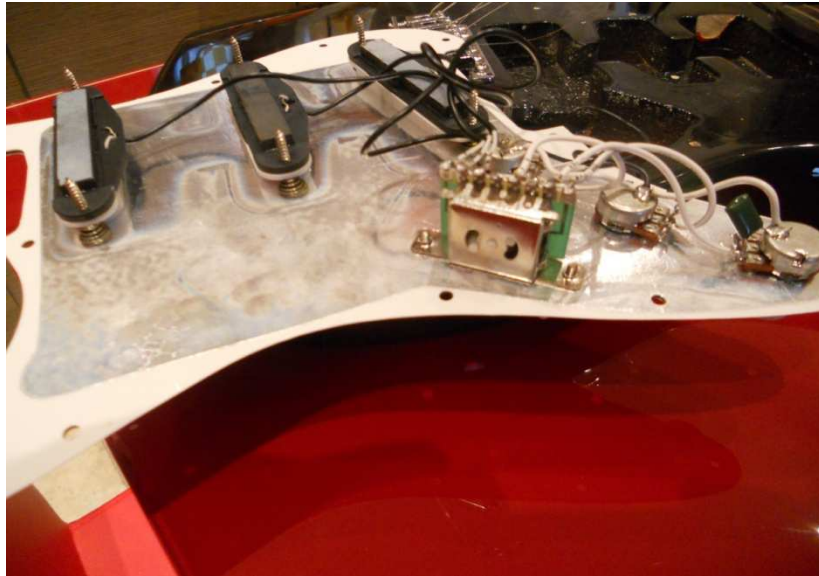
2.3 Διαδικασία κατασκευής

Στην παρακάτω φωτογραφία παρατηρούμε την κιθάρα προτού ξεκινήσει η διαδικασία αλλαγής του διακόπτη.



Εικόνα 20. Αρχικός διακόπτης 5 θέσεων (εξωτερική όψη). (Πηγή : προσωπικό αρχείο)

Στις παρακάτω φωτογραφίες βλέπουμε τον παλιό (φιξ) διακόπτη 5 θέσεων που είχε η κιθάρα.

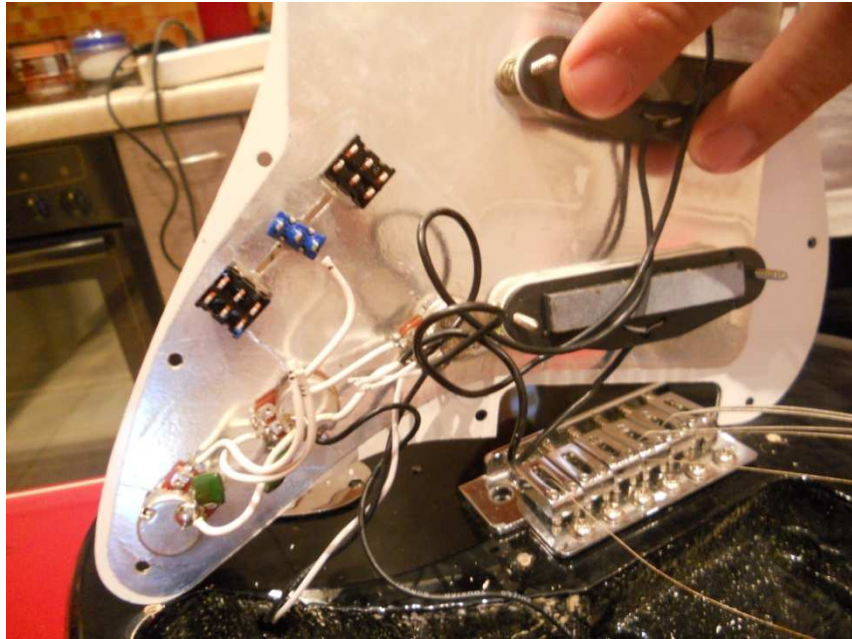


Εικόνα 21. Αρχικός διακόπτης 5 θέσεων (εσωτερική όψη). (Πηγή : προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 22. Διαφορετική όψη του αρχικού διακόπτη 5 θέσεων της ηλεκτρικής κιθάρας. (Πηγή : προσωπικό αρχείο)

Ακολουθώντας πιστά το κύκλωμα στις άκρες τοποθετήθηκαν οι δύο εξάπηνοι διακόπτες και στην μέση ο τρίπηνος διακόπτης. Η διαδικασία τρυπήματος του καπακιού της κιθάρας απαιτούσε προσοχή διότι έπρεπε η διάμετρος της τρυπας να ανοιχτεί διαδοχικά από την μικρότερη στην μεγαλύτερη μέχρι να φτάσει στο επιθυμητό μέγεθος για να μην ραγίσει το πλαστικό (βλ εικόνα 23).



Εικόνα 23. Τοποθέτηση των τριών πρώτων διακοπών. (Πηγή : προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 24. Εξωτερική όψη κιθάρας με τους τρεις πρώτους διακόπτες στην θέση τους. (Πηγή : προσωπικό αρχείο)

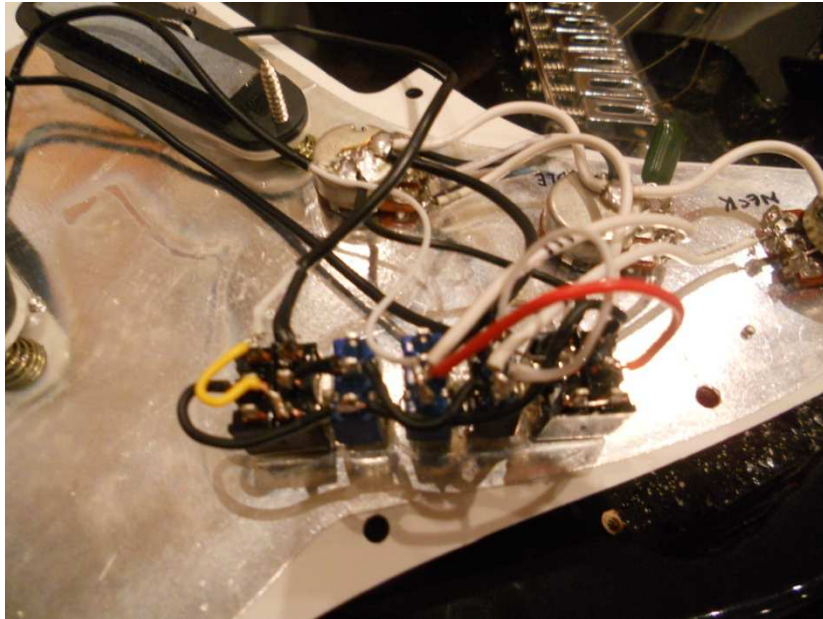
Παρακάτω βλέπουμε το τελείωμα τοποθέτησης των διακοπών από τη μπροστά και πίσω όψη του καπακιού της κιθάρας και την αρχή καλωδίωσης με τα υπόλοιπα ηλεκτρονικά μέρη της ηλεκτρικής κιθάρας.



Εικόνα 25. Τελική τοποθέτηση και των πέντε διακοπών. (Πηγή : προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 26. Εξωτερική όψη κιθάρας με τους πέντε διακόπτες στην θέση τους. (Πηγή : προσωπικό αρχείο)



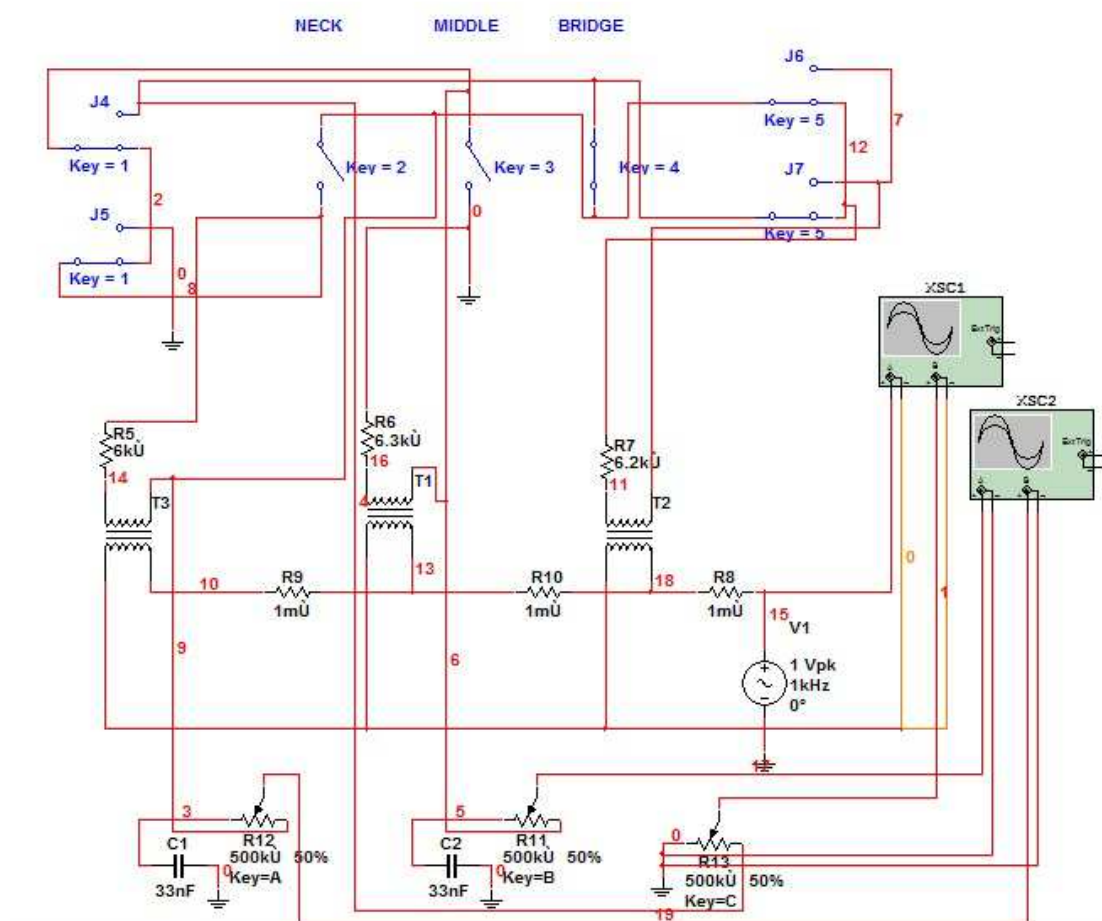
Εικόνα 27. Υλοποίηση καλωδίωσης με βάση την εικόνα 19. (Πηγή : προσωπικό αρχείο)

3. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Υλοποίηση κατασκευής στο Ni Multisim 10

Χρησιμοποιώντας το σχέδιο της κυκλώματος σχεδιάστηκε το κύκλωμα στο πρόγραμμα Ni Multisim 10 για να παρατηρηθούν τυχόν ατέλειες στην πλακέτα καθώς και να πραγματοποιηθεί Ac ανάλυση του κυκλώματος για κάθε δυνατή επιλογή των διακοπών. Για να αποδοθεί η ταλάντωση της χορδής προστέθηκε μια γεννήτρια ημιτονικού σήματος της τάξεως του 1KHz. Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν είναι δυνατό στο πρόγραμμα να αναπαρασταθεί 100% η ταλάντωση της χορδής. Δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί μια ακριβής εξομοίωση διότι δεν μπορούμε να αναπαραστήσουμε το σήμα εισόδου (ταλάντωση χορδής).

Στο πάνω μέρος του σχεδίου παρατηρούνται οι πέντε διακόπτες. Οι J4, J5, J6 και J7 αποτελούν τους δύο διακόπτες τύπου Διπλού Πόλου – Διπλής Ενέργειας(DPDT).



Εικόνα 28. Κύκλωμα πλακέτας όπως αυτό σχεδιάστηκε στο NI MULTISIM 10.

Οι διακόπτες J4 και J5 συμβολίζουν τον διακόπτη αλλαγής από σειρά σε παράλληλα ενώ οι διακόπτες J5 και J6 συμβολίζουν τον διακόπτη αλλαγής φάσης. Στο πάνω μέρος του κυκλώματος στην μέση βλέπουμε τους τρεις διακόπτες τύπου Μονού Πόλου – Μονής Ενέργειας(SPST) που ελέγχουν τον Λαιμού , τον Μεσαίο και της Γέφυρας τους μαγνήτες αντίστοιχα. Στην μέση του κυκλώματος με τους συμβολισμούς T1, T2 και T3 αντίστοιχα βλέπουμε τους τρεις μαγνήτες. Τέλος στο κάτω μέρος του σχεδίου παρατηρούμε τα τρία ρυθμιστικά έντασης των μαγνητών συνδεδεμένων με πυκνωτές. Μια τυπική Stratocaster έχει 3 ποτενσιόμετρα της τάξεως των 500KHz εκ των οποίων του μαγνήτη Λαιμού το ποτενσιόμετρο και του μεσαίου μαγνήτη έχουν ένα πυκνωτή το καθένα 0.33uf. Τελειώνοντας την κατασκευή του κυκλώματος στο Ni Multisim συνδέθηκαν δυο παλμογράφοι για να παρατηρηθεί το σήμα εξόδου από τα ποτενσιόμετρα ανάλογα με την θέση των διακοπτών. Το συμπέρασμα που προέκυψε ήταν ότι σε ορισμένες θέσεις των διακοπτών δεν υπήρχε καθόλου σήμα. Αυτό συνέβη όταν η επιλογή των διακοπτών ήταν σε παραλληλία για τους μαγνήτες της Γέφυρας και του λαιμού ή σε παραλληλία για ένα και μόνο μαγνήτη από τους τρεις. Η παραλληλία στους διακόπτες λειτουργεί μόνο στις περιπτώσεις που :

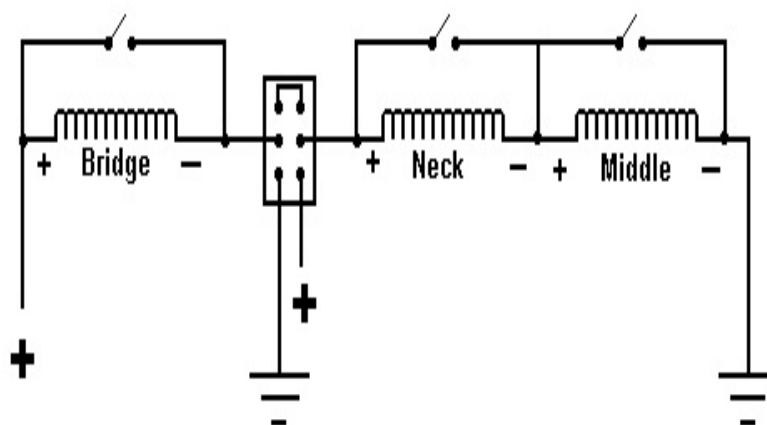
- Είναι ενεργοί οι μαγνήτες λαιμού και μεσαίος
- Είναι ενεργοί οι μαγνήτες γέφυρας και μεσαίος
- Είναι ενεργοί και οι 3 μαγνήτες.

Σε οποιαδήποτε άλλη θέση παραλληλίας των μαγνητών έχουμε μηδενικό σήμα εξόδου. Αυτό συμβαίνει γιατί δεν μπορούν να παραλληλιστούν δυο μαγνήτες οι οποίοι δεν είναι διπλά ο ένας στον άλλο.

3.2 Τρόπος λειτουργίας του κυκλώματος.

Όταν ο διακόπτης διπλού πόλου – διπλής ενεργείας (DPDT) είναι σε σειρά η θέση των διακοπτών είναι εύκολα κατανοητή. Οι μόνοι έξοδοι σήματος για τους μαγνήτες είναι ο ακροδέκτης + του μεσαίου μαγνήτη και ο ακροδέκτης – του μαγνήτη γέφυρας. Οι διακόπτες έχουν καλωδιωθεί έτσι ώστε να παρεκκλίνουν από τον συγκεκριμένο μαγνήτη, έτσι ώστε όταν κλείνουμε τον μαγνήτη στην ηλεκτρική

κιθάρα ο διακόπτης στην ουσία είναι ενεργοποιημένος και προσπέρνα αυτόν τον μαγνήτη. Με αυτό τον τρόπο δεν δημιουργούμε προβλήματα όταν όλοι οι μαγνήτες είναι σε σειρά ή παράλληλα. Έχοντας τον διακόπτη σε παραλληλία ενεργοποιημένο οι μεσαίες διακλαδώσεις είναι συνδεδεμένες στο - και + . Οι διακόπτες εξακολουθούν και δουλεύουν με τον ίδιο τρόπο. Στην περίπτωση που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε τον μαγνήτη λαιμού και τον μεσαίο μαγνήτη ο μαγνήτης της γέφυρας βραχυκυκλώνεται και ο αρνητικός ακροδέκτης του μαγνήτη λαιμού πηγαίνει κατευθείαν στην γείωση ενώ ο θετικός ακροδέκτης πηγαίνει κατευθείαν στην έξοδο. Στην εικόνα 29 βλέπουμε την λειτουργία του διακόπτη και την καλωδίωση του σε σχέση με τους μαγνήτες.



Εικόνα 29.Καλωδίωση διακόπτη σε σχέση με τον τρόπο λειτουργίας των μαγνητών. (Πηγή: <http://www.1728.org/guitar2.htm>)

3.3 Παρουσίαση αποτελεσμάτων θέσεων διακοπών.

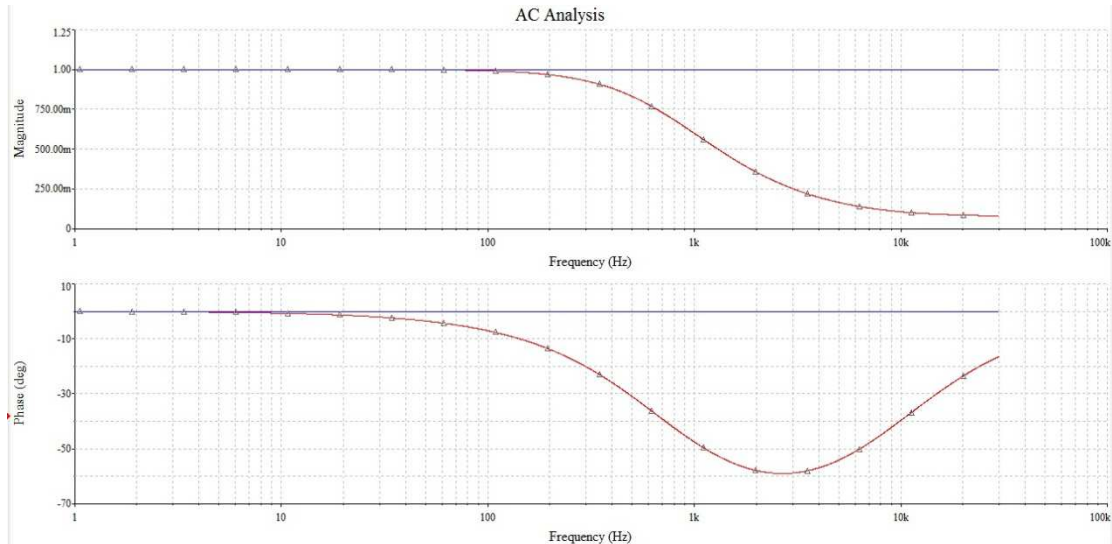
Κατόπιν εξομοίωσης του κυκλώματος στο Ni Multisim πρόεκυψαν συνολικά 21 διαφορετικές θέσεις για τους διακόπτες που μας δίνουν την δυνατότητα για 21 διαφορετικές λειτουργίες των μαγνητών όσο αφορά την φάση τους και το αν θα λειτουργούν σε σειρά ή παράλληλα. Στον πίνακα 1 παρατηρούμε αναλυτικά τις επιλογές μεταξύ των μαγνητών καθώς και την θέση των διακοπών για την εκαστοτε λειτουργία. Η θέση των διακοπών έχει αποδοθεί ψηφιακά χρησιμοποιώντας το λογικό 0 και το λογικό 1, ανάλογα με την θέση του διακόπτη.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΑΓΝΗΤΩΝ	ΘΕΣΗ ΔΙΑΚΟΠΤΩΝ ΗΛ. ΚΙΘΑΡΑΣ
Γέφυρας σε σειρά	01000
Μεσαίος σε σειρά	00100
Λαιμού σε σειρά	00010
Γέφυρας σε σειρά με αναστροφή φάσης	11000
Μεσαίος σε σειρά με αναστροφή φάσης	10100
Λαιμού σε σειρά με αναστροφή φάσης	10010
Γέφυρας και Μεσαίος σε σειρά	01100
Γέφυρας και Λαιμού σε σειρά	01010
Μεσαίος και Λαιμού σε σειρά	00110
Γέφυρας, Λαιμού και Μεσαίος σε σειρά	01110
Γέφυρας και Μεσαίος σε σειρά με αναστροφή φάσης	11100
Γέφυρας και Λαιμού σε σειρά με αναστροφή φάσης	11010
Μεσαίος και Λαιμού σε σειρά με αναστροφή φάσης	10110
Γέφυρας, Λαιμού και Μεσαίος σε σειρά με αναστροφή φάσης	11110
Γέφυρας, Λαιμού και Μεσαίος παράλληλα	01111
Γέφυρας, Λαιμού και Μεσαίος παράλληλα με αναστροφή φάσης	11111
Γέφυρας και Μεσαίος παράλληλα	01101
Μεσαίος και Λαιμού παράλληλα	00111
Γέφυρας και Μεσαίος παράλληλα με αναστροφή φάσης	11101
Μεσαίος και Λαιμού παράλληλα με αναστροφή φάσης	10111
Μεσαίος και Λαιμού σε σειρά με αναστροφή φάσης	10110

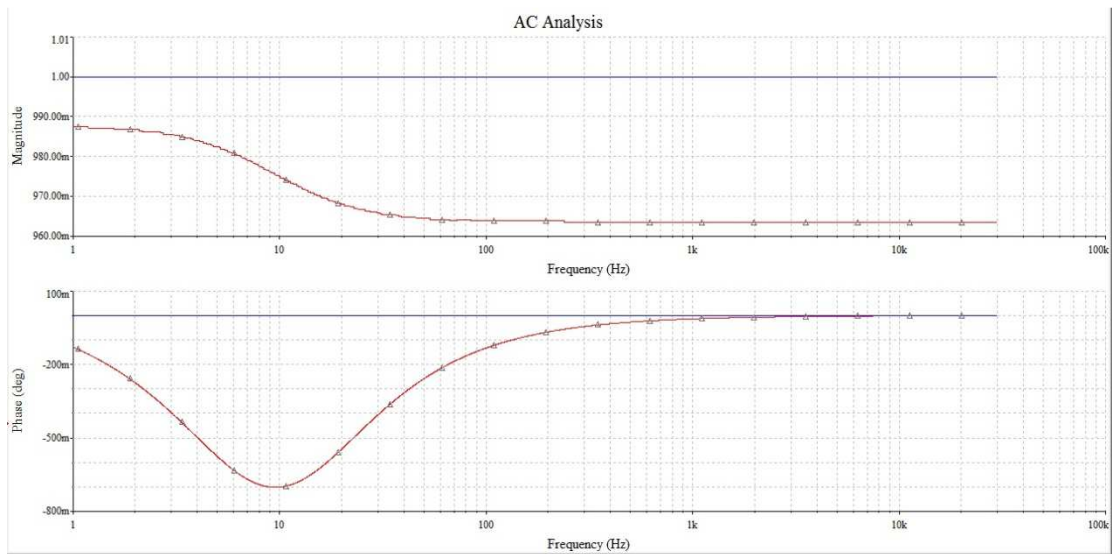
Πίνακας 1. Λειτουργία μαγνητών ανάλογα με την θέση των διακοπών.

Παρατηρείται στα αποτελέσματα της Ac ανάλυσης ότι οι διαφορές του σήματος εξόδου είναι ελάχιστες. Αυτό κυρίως οφείλεται στο ότι δεν μπορούμε να εξομοιώσουμε σ' αυτό το πρόγραμμα την ταλάντωση της χορδής όπως

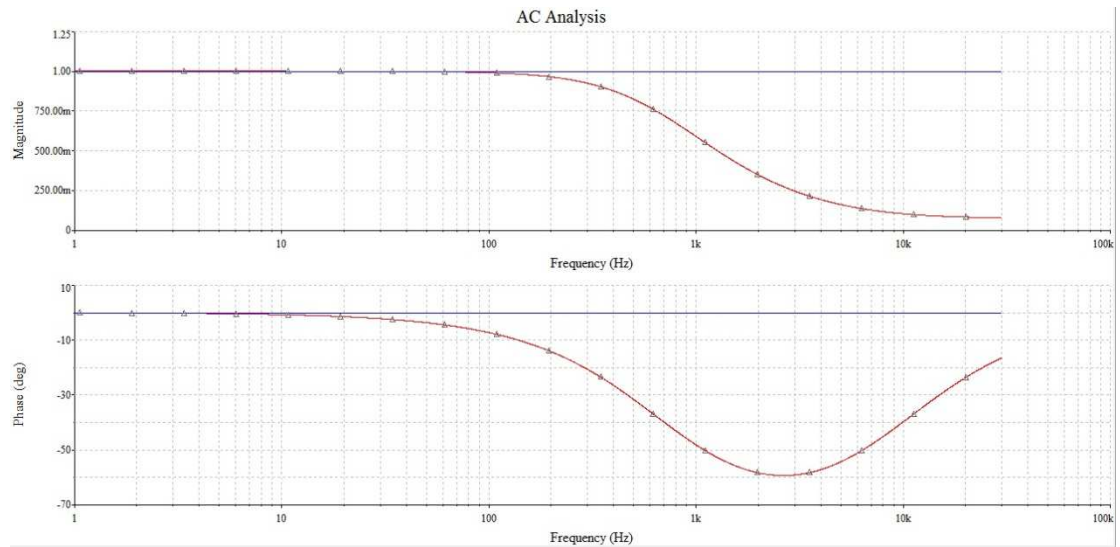
προαναφέρθηκε με αποτέλεσμα οι μαγνήτες σαν σήμα εισόδου να παίρνουν το ίδιο ενώ θα έπρεπε ο κάθε μαγνήτης ξεχωριστά να έχει διαφορετικό σήμα εισόδου.



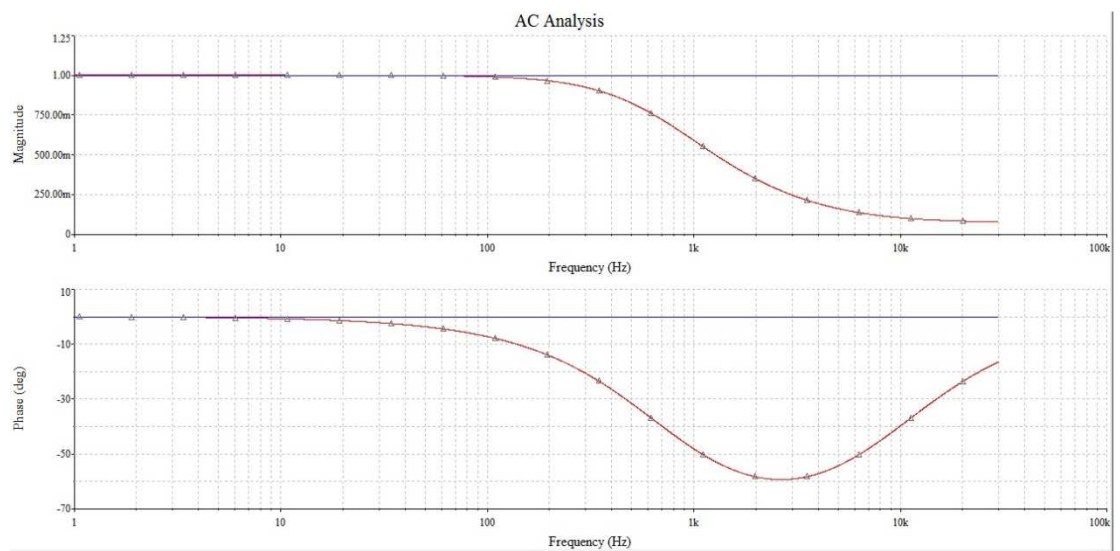
Διάγραμμα 1. Μαγνήτης Λαιμού σε σειρά. (Πηγή : προσωπικό αρχείο)



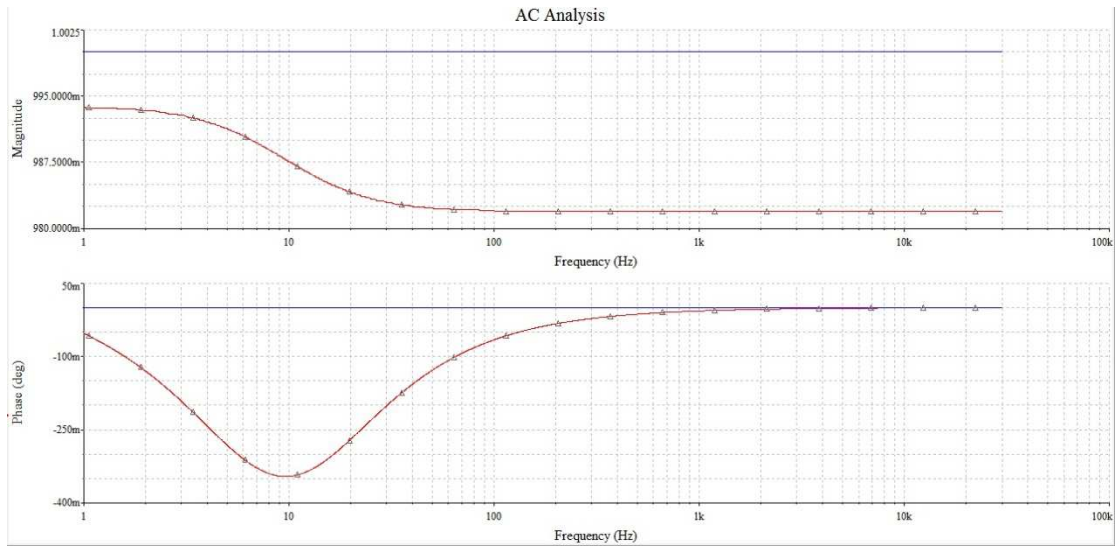
Διάγραμμα 2. Μαγνήτης Μεσαίος σε σειρά. (Πηγή : προσωπικό αρχείο)



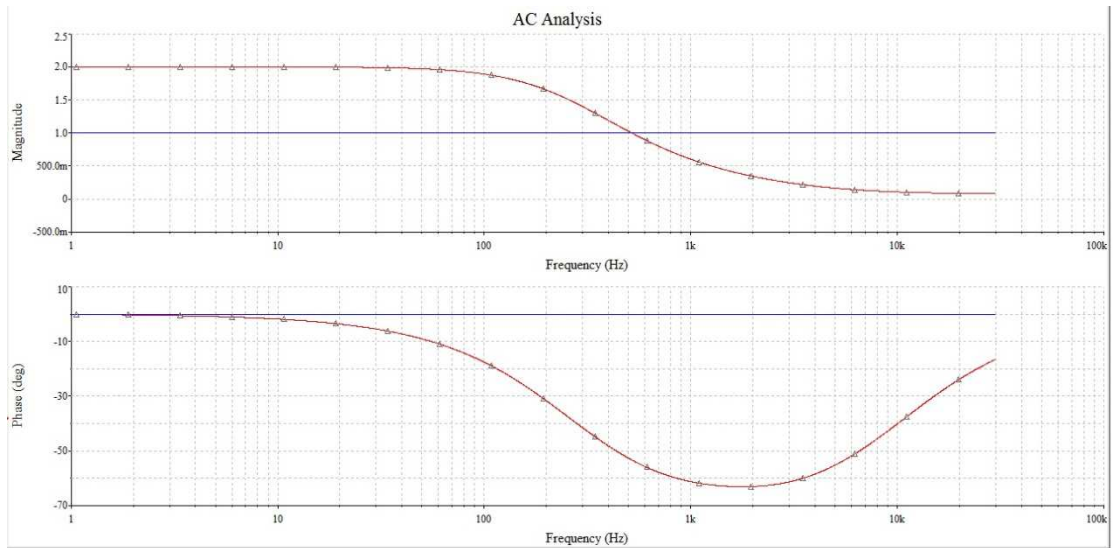
Διάγραμμα 3. Μαγνήτης Γέφυρας σε σειρά. (Πηγή : προσωπικό αρχείο)



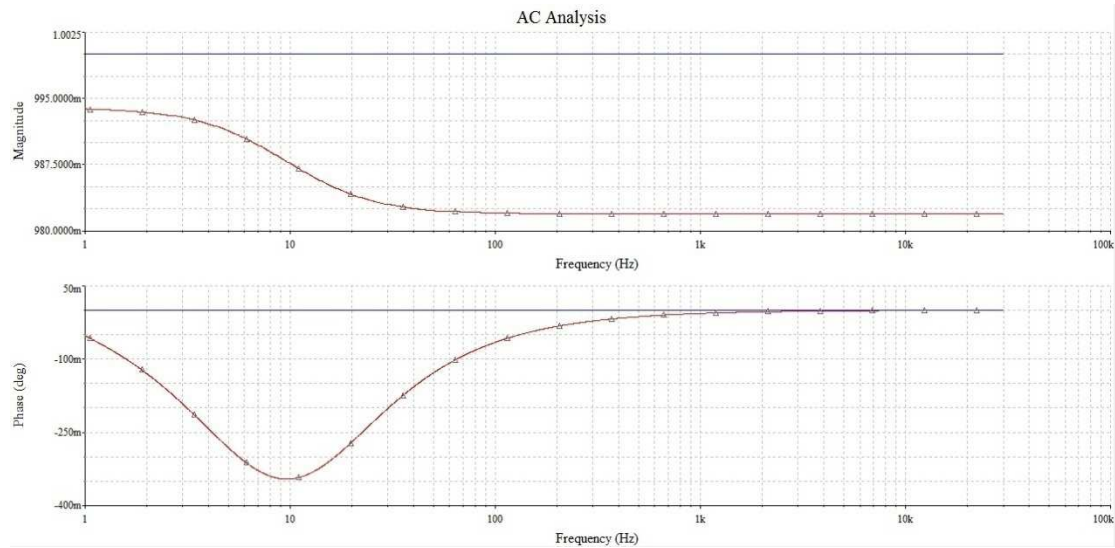
Διάγραμμα 4. Μαγνήτης Γέφυρας και μαγνήτης Λαιμού σε σειρά. (Πηγή : προσωπικό αρχείο)



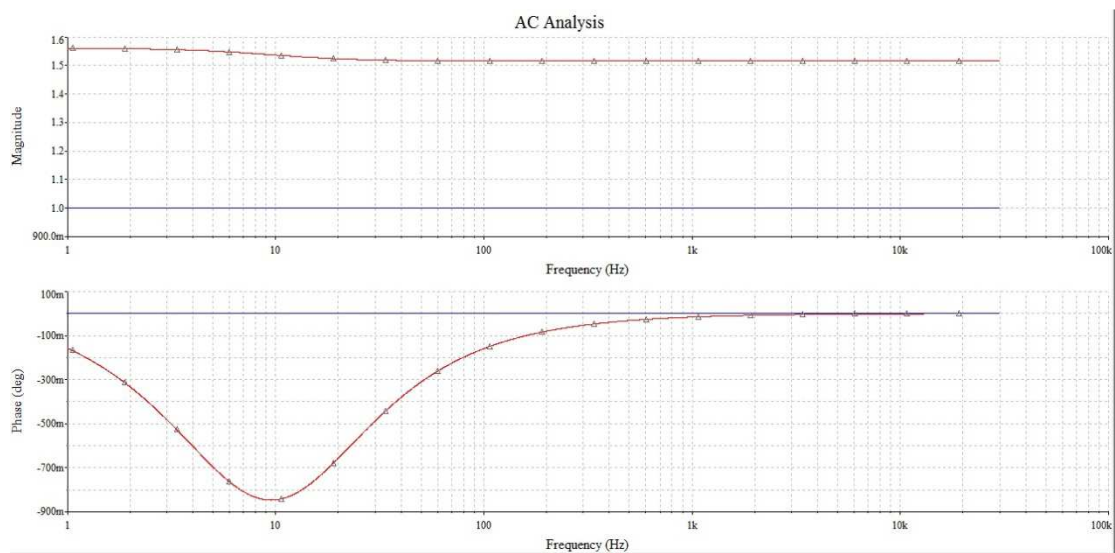
Διάγραμμα 5. Μαγνήτης Γέφυρας και Μεσαίος μαγνήτης παράλληλα. (Πηγή : προσωπικό αρχείο)



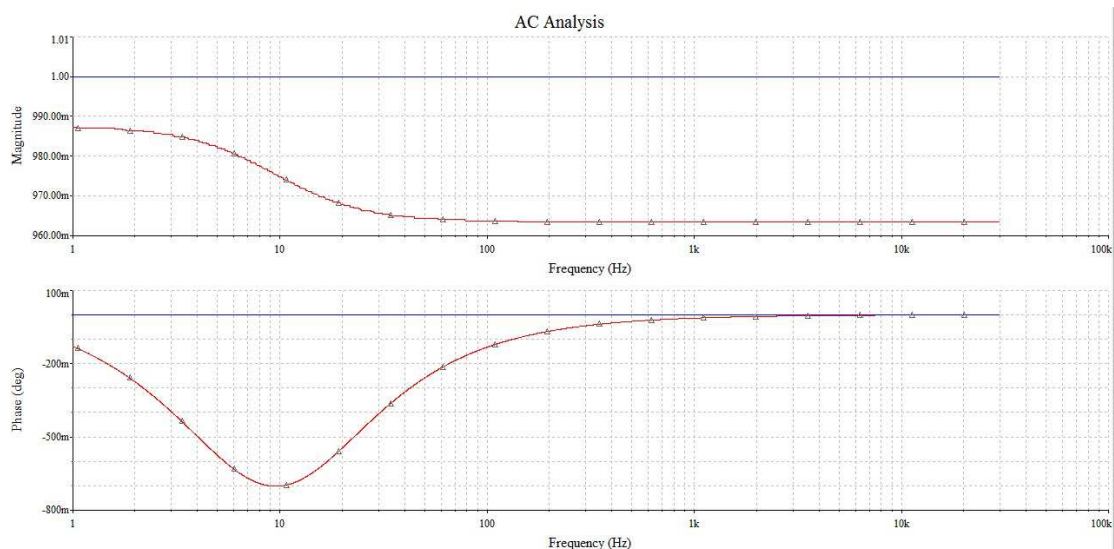
Διάγραμμα 6. Μαγνήτης Γέφυρας, Μεσαίος και Λαιμού σε σειρά. (Πηγή : προσωπικό αρχείο)



Διάγραμμα 7. Μαγνήτης Γέφυρας, Μεσαίος και Λαιμού παράλληλα. (Πηγή : προσωπικό αρχείο)



Διάγραμμα 8. Μαγνήτης Γέφυρας, Μεσαίος και Λαιμού σε σειρά με αναστροφή φάσης. (Πηγή : προσωπικό αρχείο)



Διάγραμμα 9. Μαγνήτης Γέφυρας, Μεσαίος και Λαιμού παράλληλα με αναστροφή φάσης(Πηγή : προσωπικό αρχείο)

Από τα διαγράμματα 1 έως 9 παρατηρούμε ορισμένες διαφορές ως προς την λειτουργία των μαγνητών, όχι τόσο δραστικές όμως καθότι όπως αναφέρθηκε δεν μπορεί να προσομοιωθεί η ταλάντωση της χορδής. Συνεπώς από την Ac εξομοίωση και τα αποτελέσματα που προβάλλονται στα διαγράμματα 1 έως 9 παρατηρείτε ότι όταν ο μαγνήτης λαιμού είναι σε σειρά και λειτούργει μόνος του υπάρχει μια γραμμική λειτουργία με συχνότητα αποκοπής στα 1.4KHZ. Το ίδιο ισχύει και για την θέσεις των διακόπτων με μαγνήτη γέφυρας και μεσαίο σε σειρά και με μαγνήτη γέφυρας σε σειρά. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι θέσεις όπου και οι 3 μαγνήτες είναι ενεργοποιημένοι και σε παράλληλη θέση με αναστροφή φάσης. Εκεί παρατηρείτε ότι λειτουργούν σαν “all pass filter” και το πλάτος εξόδου είναι διπλάσιο. Όταν και οι 3 μαγνήτες είναι σε σειρά το πλάτος εξόδου εξακολουθεί και είναι διπλάσιο με συχνότητα αποκοπής στα 142KHz.

3.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κατασκευής

A. Μειονεκτήματα

1. Συγκεκριμένες επιλογές των διακοπών δεν θα παράγουν καθόλου ήχο. Αυτό θα έφερνε σε δύσκολη θέση ένα μουσικό αν κατά την διάρκεια μιας παράστασης «νέκρωνε» η ηλεκτρική κιθάρα. Γι' αυτό το λόγο αν κάποιος κατασκευάσει αυτή

την διάταξη στην ηλεκτρική του κιθάρα, θα πρέπει να αφιερώσει χρόνο για να εξοικειωθεί με τις θέσεις των διακοπών και τον τρόπο λειτουργίας τους. Όταν ο πρώτος διακόπτης είναι ρυθμισμένος για «παραλληλία» των μαγνητών οι νεκρές θέσεις είναι με την επιλογή μόνου μαγνήτη ή με την επιλογή μαγνητών λαιμού και γέφυρας. Και οι τρεις μαγνήτες μπορούν να επιλεγούν όταν ο πρώτος διακόπτης είναι ρυθμισμένος σε «σειρά».

2. Αν η κιθάρα έχει εγγύηση με την κατασκευή αυτής της διάταξης αυτομάτως ακυρώνεται.
3. Θα αλλάξει η εμφάνιση της κιθάρας καθώς στην θέση του παλιού διακόπτη θα προστεθούν 5 διακόπτες. Η αλλαγή δεν είναι και τόσο δραστική διότι οι διακόπτες τοποθετούνται ακριβώς στην θέση του παλιού και μπορεί από αρκετούς αυτό να θεωρηθεί σαν βελτίωση της κιθάρας όσον αφορά την εμφάνιση της.

B. Πλεονεκτήματα

1. Οι διακόπτες που χρειάζονται γι' αυτή την διάταξη είναι δύο διπλού πόλου - διπλής ενέργειας(DPDT) και τρεις μονού πόλου – μονής ενέργειας(SPST) και είναι αρκετά φτηνοί στην αγορά.
2. Οι διακόπτες τοποθετούνται στην ίδια ακριβώς θέση που ήταν ο παλιός διακόπτης έτσι καθιστά των χειρισμό των διακοπών εύκολο.
3. Εξακολουθούμε να έχουμε τους ήχους που είχαμε από τον παλιό διακόπτη:
4. Αποκτάμε τους επιπλέον ήχους :
 - Μαγνήτης λαιμού και μαγνήτης μεσαίος σε σειρά.
 - Μαγνήτης μεσαίος και μαγνήτης γέφυρας σε σειρά.
 - Μαγνήτης λαιμού και μαγνήτης γέφυρας σε σειρά εκτός φάσης.
 - Και τους τρεις μαγνήτες σε σειρά.
 - Μαγνήτης λαιμού και μαγνήτης γέφυρας σε σειρά.

Στην πραγματικότητα αποκτάμε περισσότερους από 6 καινούργιους ήχους αν υπολογίσουμε όλους τους συνδυασμούς που μπορεί να μας δώσει ο διακόπτης «φάσης».

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας την διαδικασία της κατασκευής τα γενικότερα συμπεράσματα είναι ότι για να φτιάξει κάτι παρόμοιο κάποιος τα υλικά που θα χρειαστεί είναι ένα κολλητήρι , καλάι , λεπτά καλώδια και τους διακόπτες. Ο μουσικός που θα υλοποιήσει μια τέτοια διάταξη στην ηλεκτρική του κιθάρα θα πρέπει να αφιερώσει χρόνο για να εξοικειωθεί με τους καινούργιους διακόπτες. Ο χρήστης θα πρέπει να εξοικειωθεί με την έννοια της παραλληλίας και με το γεγονός ότι για να δουλεύει αυτός ο διακόπτης θα πρέπει να είναι δύο μαγνήτες τουλάχιστον ενεργοποιημένοι με τη βασική προϋπόθεση να βρίσκονται ο ένας δίπλα στον άλλο. Δεν μπορεί να υπάρξει παραλληλία ανάμεσα στον μαγνήτη γέφυρας και τον μαγνήτη λαϊμού διότι υπάρχει ανάμεσα τους ο μεσαίος μαγνήτης. Το ηχητικό αποτέλεσμα είναι σαφώς καλύτερο από το προηγούμενο. Με τη χρήση του διακόπτη αλλαγής φάσης προκύπτουν ενδιαφέροντα ηχητικά αποτελέσματα. Ο ήχος που προκύπτει είναι πιο «μουντός». Ενδιαφέρον επίσης παρουσιάζει η θέση όπου και οι 3 μαγνήτες είναι ενεργοποιημένοι είτε σε σειρά είτε παράλληλα με ή χωρίς αναστροφή φάσης, αφού αυξάνεται το σήμα εξόδου με αποτέλεσμα ο ήχος που προκύπτει να είναι πιο δυνατός. Αυτή είναι μια θέση που οι τυπικές Stratocaster δεν την διαθέτουν. Ακόμη, τα αποτελέσματα των μετρήσεων από το πρόγραμμα NI MULTISIM 10 δεν ήταν ικανοποιητικά καθότι η εξομοίωση ταλάντωσης μια παλλόμενη χορδή σε τέτοιο πρόγραμμα είναι πρακτικά δύσκολη διότι πρόκειται για φυσικό φαινόμενο και η αναπαράσταση του έγκειται σε δυσκολίες. Οι μεγαλύτερες διαφορές παρουσιάστηκαν με τους μαγνήτες να λειτουργούν και οι τρεις σε σειρά εμφανίζοντας πλάτος διπλάσιο με συχνότητα αποκοπής στα 142KHz. Στις περιπτώσεις που λειτουργούσαν ο καθένας ξεχωριστά ή σε συνδυασμό με κάποιον άλλο το αποτέλεσμα που παρουσιάζονταν ήταν σχεδόν ίδιο, με απειροελάχιστες διαφορές και συχνότητα αποκοπής στο 1.4KHz. Συμπερασματικά, η πραγματοποίηση αυτής της διάταξης στην συγκεκριμένη κιθάρα είναι εφικτή αρκεί να υπάρχει προσοχή στις κολλήσεις που πραγματοποιούνται καθώς και στα εκτεθειμένα ηλεκτρονικά μέρη της κιθάρας κατά την διάρκεια της κατασκευής. Υπάρχουν παρεμφερείς κατασκευές με διακόπτες Push-pull ή και διακόπτες με led οθόνες που να δείχνουν την εκάστοτε συνδεσμολογία αναλόγως του προσδόκιμου

ηχητικού αποτελέσματος που επιθυμεί ο χρήστης. Το ηχητικό αποτέλεσμα παρουσιάζει ενδιαφέρον, ωστόσο προτείνεται να επιχειρηθεί στο μέλλον σε κιθάρες μεγαλύτερης αξίας, αφού το αποτέλεσμα θα ήταν σαφώς καλύτερο. Τέλος, θα μπορούσαν να αλλαχτούν οι μαγνήτες και να μπουν καλύτερης εταιρίας, ιδίου τύπου ή και διαφορετικού, και σε διαφορετικά σημεία πάνω στο καπάκι της κιθάρας όχι μόνο ως προς το μήκος αλλά και ως προς το ύψος, ανάλογα με το προσδόκιμο ηχητικό αποτέλεσμα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Bond, R. (2003), *The illustrated directory of guitars*, MBI Publishing Company, USA.
2. Ingram, A. (2001), *A Concise History of the Electric Guitar*, Mel Bay Publications, USA.
3. Bacon, T. (2005), *Six Decades of the Fender Telecaster: The Story of the World's First Solidbody Electric Guitar*, Backbeat Books, London.
4. Brosnac, D. (1987), *Guitar History: Guitars Made by the Fender Company*, Bold Strummer, USA.
5. Cavendish, M. (2003), *How it works: Science and Technology*, vol. 13, Marshall Cavendish Corporation , USA.
6. French, R.M. (2008), *Engineering the Guitar: Theory and Practice*, Springer, New York
7. Σπυρίδης, Χ.Σ. (1990), *Μουσική ακουστική*, Α.Π.Θ. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη.
8. Young, H. D. (1995), *Πανεπιστημιακή φυσική: Ηλεκτρομαγνητισμός*, Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.
9. Παπαδογιάννης, Ν. και Μπακαρέζος, Ε. (2004), Σημειώσεις του μαθήματος «Φυσική Κυματική Θεωρία – Εργαστήριο», ΤΕΙ Κρήτης, Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, Ρέθυμνο.

Διαδικτυακοί Τόποι

1. Brian May, “Red Special Story”, <http://www.brianmayguitars.co.uk/red-special-story> [τελευταία πρόσβαση 14 Οκτωβρίου 2012]
2. “Ηλεκτρική Κιθάρα”, http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%97%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%BA%CE%B9%CE%B8%CE%AC%CF%81%CE%B1 [τελευταία πρόσβαση 14 Οκτωβρίου 2012]

3. Chris Woodford (2012), "Electric Guitars"
<http://www.explainthatstuff.com/electricguitars.html> [τελευταία πρόσβαση
14 Οκτωβρίου 2012]
4. "Οδηγός Μαγνητών" (2010),
[http://www.noiz.gr/index.php?PHPSESSID=2d6ca3a8071d0de76c93ca2afb24
ca55&topic=176142.0](http://www.noiz.gr/index.php?PHPSESSID=2d6ca3a8071d0de76c93ca2afb24ca55&topic=176142.0) [τελευταία πρόσβαση 14 Οκτωβρίου 2012]